COLECȚIA DE ATELIER

M. AELENEI ● I. GHEGHEA

PROBLEME DE MAȘINI-UNELTE ȘI AȘCHIERE

EDITURA TEHNICĂ

Ing. MIHAI AELENEI • Dr. ing. ION GHEGHEA

PROBLEME DE MAȘINI-UNELTE ȘI AȘCHIERE

EDITURA TEHNICĂ
București — 1972

Lucrarea cuprinde șapte capitole care conțin probleme rezolvate specifice fiecărui gen de prelucrare mecanică pe unele tipuri reprezentative de mașini-unelte, precum și o serie de noțiuni teoretice sintetizate, indispensabile înțelegerii modului cum au fost rezolvate aceste probleme. De asemenea, în lucrare sînt prezentate probleme tip, din aproape toate domeniile de activitate ale muncitorilor care lucrează pe mașini-unelte, care să servească drept ghid pentru rezolvarea mai ușoară a sarcinilor ridicate de aplicarea unei tehnologii moderne.

Cartea se adresează tuturor muncitorilor, lucrătorilor cu înaltă calificare, maiștrilor și tehnicienilor din industria constructoare de mașini și din atelierele de reparații, putînd fi utilă și studenților facultăților de specialitate.

Redactor : ing. NICOLAE VOICU
Tehnoredactor : VALERIU MORĂRESCU
Coperta seriei : THEODOR BOGOI

PREFAȚĂ

Dezvoltarea impetuoasă a industriei constructoare de mașini, prevăzută în Directivele Congresului al X-lea al Partidului Comunist Român cu privire la planul de dezvoltare economico-socială a României pe anii 1971–1975 și liniile directoare ale acestei dezvoltări pe perioada 1976–1980, pune în fața oamenilor muncii din industria constructoare de mașini sarcini deosebit de importante. Una dintre aceste sarcini este perfecționarea continuă a calificării cadrelor de specialiști, creșterea continuă a nivelului lor de cunoștințe, însușirea tehnologiilor noi, moderne.

În Raportul prezentat de tov. Nicolae Ceaușescu la cel de al X-lea Congres al Partidului Comunist Român se arată că „O importanță de prim ordin pentru realizarea marilor obiective de progres economic și social al țării noastre are asigurarea formării și calificării cadrelor de oameni ai muncii de toate categoriile, a noi contigente de specialiști și tehnicieni".

Ridicarea continuă a calificării, odată cu perfecționarea tehnologiilor și introducerea tehnicii noi influențează pozitiv creșterea productivității muncii și ridicarea calității produselor.

Pe această linie, a perfecționării calificării muncitorilor care lucrează la mașini-unelte, se înscrie și lucrarea de față. Lucrarea este concepută în așa fel încît să contribuie la însușirea deprinderilor în rezolvarea unor probleme de așchiere precum și a problemelor de reglare a mașinilor-unelte.

Cele 7 capitole ale lucrării grupează probleme pe tipuri de mașini-unelte, între care cea mai mare pondere o au mașinile-unelte specializate (de danturat, filetat și detalonat). Studierea problemelor rezolvate precum și rezolvarea unor probleme asemănă-

toare, după indicațiile date în lucrare, va necesita pe lîngă cunoștințele actuale și însușirea unor noțiuni noi, prezentate în lucrări editate anterior, ceea ce constituie de fapt un stimulent în perfecționarea continuă a calificării.

Lucrarea se adresează tuturor muncitorilor, lucrătorilor cu înaltă calificare, maiștrilor și tehnicienilor din industria constructoare de mașini, precum și studenților din facultățile de specialitate.

AUTORII

1. STRUNGURI

1.1. STRUNGURI NORMALE

Strungurile normale sînt destinate prelucrării pieselor cilindrice, conice, elicoidale interioare și exterioare, strun, jirii plane etc. Mișcarea principală de așchiere, de rotație este executată de piesa de prelucrat, fixată în universal sau între vîrfuri, iar scula execută mișcarea de avans.

1.1.1. Notații folosite

$\varkappa$ este unghiul de atac principal, grade;
$\varkappa_1$ — unghiul de atac secundar, grade;
λ — unghiul de înclinare a tăișului, grade;
α — unghiul de așezare, grade;
γ — unghiul de degajare, grade;
r — raza de rotunjire a vîrfului cuțitului, mm;
v_e — viteza economică (optimă) de așchiere, m/min;
v_a — viteza de așchiere, efectivă m/min;
v_{eT} — viteza economică de așchiere pentru durabilitatea T a cuțitului, m/min;
v_{e60}, v_{e120} — viteza economică de așchiere pentru $T=60$ min. și respectiv $T=120$ min, m/min;
t — adîncimea de așchiere, mm;
s_l — avansul longitudinal, mm/rot;
s_t — avansul transversal, mm/rot;

C_v, x_v, y_v, m — coeficienți în funcție de materialul de prelucrat și de condițiile de așchiere;

T — durabilitatea cuțitului, min;

K_v — coeficientul global de corectare a vitezei;

$K_T, K_m, K_\varkappa, K_{\varkappa 1}, K_h, K_r, K_{ms}, K_0$ — coeficienți de corectare a vitezei în funcție de: durabilitatea cuțitului (K_T); materialul de prelucrat (K_m); unghiul de atac principal ($K_\varkappa$) și secundar ($K_{\varkappa 1}$); uzura cuțitului pe fața de așezare (K_h); raza de rotunjire a vîrfului cuțitului (K_r); materialul sculei (K_{ms}); felul strunjirii (K_0);

D_0 — diametrul exterior al piesei de prelucrat, mm;

d — diametrul interior al piesei de prelucrat, mm;

F_z, F_y, F_x — forța de așchiere tangențială, radială și respectiv axială, N;

$C_{Fz}, C_{Fy}, C_{Fx}, X_{Fz}, X_{Fy}, X_{Fx}, Y_{Fz}, Y_{Fy}, Y_{Fx}, n_z, n_y, n_x$ — coeficienți în funcție de materialul de prelucrat, materialul sculei și unghiul de atac secundar;

K_{Fz}, K_{Fy}, K_{Fx} — coeficienți globali de corectare a forțelor de așchiere;

$K_{mz}, K_{my}, K_{mx}, K_{\varkappa z}, K_{\varkappa y}, K_{\varkappa x}, K_{\lambda z}, K_{\lambda y}, K_{\lambda x}, K_{rz}, K_{ry}$ — coeficienți de corectare a forțelor de așchiere în funcție de: materialul de prelucrat (K_{mz}, K_{my}, K_{mx}); unghiul de atac principal ($K_{\varkappa z}, K_{\varkappa y}, K_{\varkappa x}$); unghiul de înclinare al tăișului principal ($K_{\lambda z}, K_{\lambda y}, K_{\lambda x}$); raza de rotunjire la vîrf (K_{rz}, K_{ry});

η_p – randamentul lanțului cinematic principal;

η_s – randamentul lanțului cinematic de avans;

P_a – puterea motorului electric pentru antrenarea lanțului cinematic principal, kW;

P_s – puterea motorului electric pentru antrenarea lanțului cinematic de avans, kW;

n_p – turația piesei, rot/min;

n_{sc} – turația șurubului conducător, rot/min;

p – pasul filetului, mm;

p_p – pasul filetului de prelucrat, mm;

p_{sc} – pasul șurubului conducător, mm;

i_r – raport de transmitere reglabil;

A, B, C, D, E, F – roți dințate de schimb;

N_p – numărul de pași pe țol ai filetului piesei;

N_{sc} – numărul de pași pe țol ai șurubului conducător;

m – modulul, mm;

z – numărul de dinți;

P – pasul filetului Diametral Pitch, $\frac{\text{dinți}}{\text{țol}}$;

D_d – diametrul de divizare, țoli;

p'_p – pasul filetului indicat în tabelul filetelor, mm;

A', B' – roți dințate folosite la strungul S3 pentru obținerea filetului cu pasul p'_p;

N'_p – numărul de pași pe țol ai filetului indicat în tabelul filetelor;

D_f – diametrul suprafeței de strîngere, mm;

b – grosimea plăcuței fig. 1.8, *b*, mm;

K – coeficient;

e – excentricitatea fig. 1.8, *b*, mm;

D_{max} – diametrul maxim al conului, mm;

D_{min} – diametrul minim al conului, mm;

l – lungimea conului, mm;

h – deplasarea transversală a corpului păpușii mobile, mm;

L – distanța între vîrfuri, mm.

1.1.2. Formule de calcul

$$v_e = \frac{C_v K_v}{T^m t^{x_v} s^{y_v}} \left[\frac{\text{m}}{\text{min}}\right]; \tag{1.1}$$

$$K_v = K_T K_m K_{\varkappa} K_{\varkappa_1} K_h K_0 K_r K_{ms}; \tag{1.2}$$

$$v_a = \frac{\pi D_0 n_p}{1\,000} \left[\frac{\text{m}}{\text{min}}\right]; \tag{1.3}$$

$$F_z = 9{,}8\, C_{Fz} t^{x_{Fz}} s^{y_{Fz}} v_a^{n_z} K_{Fz} \quad [\text{N}]; \tag{1.4}$$

$$F_y = 9{,}8\, C_{Fy} t^{x_{Fy}} s^{y_{Fy}} v_a^{n_y} K_{Fy} \quad [\text{N}]; \tag{1.5}$$

$$F_x = 9{,}8\, C_{Fx} t^{x_{Fx}} s^{y_{Fx}} v_a^{n_x} K_{Fx} \quad [\text{N}]; \tag{1.6}$$

$$K_{Fz} = K_{mz} K_{\varkappa z} K_{\lambda z} K_{rz}; \tag{1.7}$$

$$K_{Fy} = K_{my} K_{\varkappa y} K_{\lambda y} K_{ry}; \tag{1.8}$$

$$K_{Fx} = K_{mx} K_{\varkappa x} K_{\lambda x}; \tag{1.9}$$

$$P_a = \frac{F_z v_a}{9{,}8 \cdot 6\,120 \eta_p} \quad [\text{kW}]; \tag{1.10}$$

$$P_s = \frac{F_x n_p s}{9{,}8 \cdot 6{,}12 \cdot 10^6 \eta_s} \quad [\text{kW}]; \tag{1.11}$$

$$\frac{n_{sc}}{n_p} = \frac{p_p}{p_{sc}}; \tag{1.12}$$

$$i_r = \frac{p_p}{p_{sc}}; \tag{1.13}$$

$$\left.\begin{aligned} A + B &\geqslant C + 20 \\ C + D &\geqslant B + 20 \end{aligned}\right\}; \tag{1.14}$$

$$\left.\begin{aligned} A + B &\geqslant C + 20 \\ C + D &\geqslant E + B + 5 \\ E + F &\geqslant D + 20 \end{aligned}\right\}; \tag{1.15}$$

$$p = \frac{25{,}4}{N} \quad [\text{mm}]; \tag{1.16}$$

$$p_p = \pi m \quad [\text{mm}]; \tag{1.17}$$

$$P = \frac{z}{D_d} \left[\frac{\text{dinți}}{\text{țol}}\right]; \tag{1.18}$$

$$p_p = \frac{25{,}4\pi}{P} \quad [\text{mm}]; \tag{1.19}$$

$$s_l = \frac{p_p}{9{,}947} \left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right]; \tag{1.20}$$

$$s_t = \frac{p_p}{30} \left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right]; \tag{1.21}$$

$$\frac{A}{B} = \frac{p_p}{p'_p} \frac{A'}{B'}; \tag{1.22}$$

$$B = \frac{p'_p}{p_p} B'; \tag{1.23}$$

$$A = \frac{p_p}{p'_p} A'; \tag{1.24}$$

$$b = e - \frac{D_f}{2} + \left(\frac{D_f^2}{4} + e^2 + \frac{eD_f}{2}\right)^{1/2} [\text{mm}]; \tag{1.25}$$

$$b = kD_f \quad [\text{mm}]; \tag{1.26}$$

$$h = \frac{D_{max} - D_{min}}{2l} L \quad [\text{mm}]. \tag{1.27}$$

1.1.3. Probleme rezolvate

1.1.3.1. *Calculul regimului și al forțelor de așchiere*

1. Să se determine regimul de așchiere la prelucrarea suprafeței exterioare și frontală (suprafața *A* și *B*) ale piesei din fig. 1.1, confecționată din OT 60. Prelucrarea se realizează la o singură trecere cu rugozitatea 6,3 μm. Cele două operații de strunjire se execută pe strungul S3 cu un cuțit

armat cu plăcuță din carbură metalică T14K8, avînd: $\varkappa = 60°$; $\varkappa_1 = 15°$; $r = 1$ mm și secțiunea transversală a corpului 16×25 mm². Fața de degajare a cuțitului este plană cu fațetă iar uzura maximă admisă pe fața de așezare $h_a = 1$ mm. Cuțitul are durabilitatea $T = 60$ minute iar prelucrarea se face fără răcire.

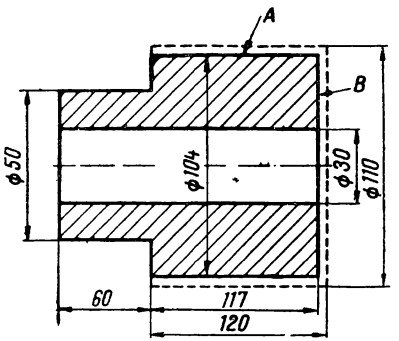


Fig. 1.1. Piesa de prelucrat

Rezolvare. Adîncimea de așchiere este:

— pentru suprafața A

$$t = \frac{110 - 104}{2} = 3 \text{ mm};$$

— pentru suprafața B

$t = 120 - 117 = 3$ mm.

Avansurile la prelucrarea celor două suprafețe se aleg din tabelul 1.1 (la operațiile de degroșare avansul se dă în tabelul 1.2). Pentru rugozitatea suprafeței egală cu 6,3 μm și $r = 1$ mm, se vor folosi avansurile $s_l = s_t = 0{,}30$ mm/rot, avansuri ce se pot realiza pe strungul S3 (tabelul 1.20).

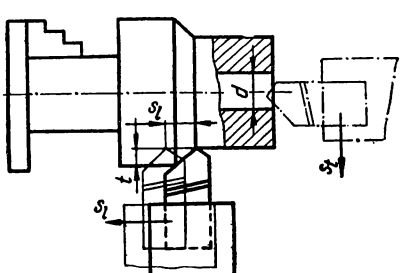


Fig. 1.2. Pozițiile cuțitului pentru strunjirea longitudinală și frontală

Strunjirea frontală se execută cu suportul cuțitului rotit la 90° față de poziția pentru strunjirea longitudinală (fig. 1.2).

Viteza optimă de așchiere la prelucrarea longitudinală se determină cu (1.1) unde: $C_v = 273$; $x_v = 0{,}15$; $y_v = 0{,}20$; $m = 0{,}20$ pentru $T = 60$ min și $\varkappa_1 = 10°$ (tabelul 1.3). Coeficientul K_v este dat de (1.2) în care; $K_T = 1{,}0$ (tabelul 1.4); $K_m = \left(\frac{73{,}5}{58{,}8}\right)^{1{,}75} = 1{,}43$ (tabelul 1.5 și 1.15); $K_\varkappa = 0{,}92$ (tabelul 1.6); $K_{\varkappa_1} = 0{,}97$ (tabelul 1.7); $K_h = 1{,}0$ (tabelul 1.8); $K_0 = 1{,}0$

(tabelul 1.9); $K_r = 0,94$ (tabelul 1.10); $K_{ms} = 1,23$ (tabelul 1.11); deci $K_v = 1,43 \cdot 0,92 \cdot 0,97 \cdot 0,94 \cdot 1,23 = 1,45$.

Din (1.1) rezultă

$$v_e = \frac{273 \cdot 1,45}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,3^{0,20}} = \frac{395}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,3^{0,20}}$$

care prin logaritmare devine:

$$\log v_e = \log 395 - (0,2 \log 60 + 0,15 \log 3 + 0,20 \log 0,3) =$$

$$= 2,5966 - (0,2 \cdot 1,7782 + 0,15 \cdot 0,4771 + 0,20 \cdot \bar{1},4771) = 2,2639.$$

Viteza v_e este egală cu un număr al cărui logaritm este 2,2639 adică $v_e = 184$ m/min.

Ridicările la putere din (1.1) se pot efectua mai simplu utilizînd tabelul 1.16 și se obține

$$v_e = \frac{273 \cdot 1,45}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,3^{0,20}} = \frac{273 \cdot 1,45}{2,268 \cdot 1,18 \cdot 0,786} = 184 \frac{\text{m}}{\text{min}}.$$

Pentru strunjirea frontală coeficienții din (1.1) au aceleași valori ca și la strunjirea longitudinală cu excepția lui K_0, care, pentru $\frac{d}{D_0} = \frac{30}{104} = 0,29$, este egal cu 1,25 (tabelul 1.9). În consecință $v_e = 184 \cdot 1,25 = 230 \frac{\text{m}}{\text{min}}$.

Turația se deduce din (1.3) și este:

– pentru suprafața A $\quad n_p = \frac{1\,000 \cdot 184}{\pi 110} = 533 \frac{\text{rot}}{\text{min}}$;

– pentru suprafața B $\quad n_p = \frac{1\,000 \cdot 230}{\pi 104} = 702 \frac{\text{rot}}{\text{min}}$.

Determinarea turațiilor funcție de viteza de așchiere și de diametrul piesei de prelucrat se poate face și din graficul prezentat în fig. 1.3.

Deoarece turațiile calculate nu se pot realiza la strungul S3, se aleg turații mai mici, modificîndu-se și vitezele de așchiere efective:

– pentru suprafața A $\quad n_p = 480 \frac{\text{rot}}{\text{min}}$; $v_a = 155 \frac{\text{m}}{\text{min}}$;

– pentru suprafața B $\quad n_p = 600 \frac{\text{rot}}{\text{min}}$; $v_a = 196 \frac{\text{m}}{\text{min}}$.

2. Să se determine vitezele economice de așchiere pentru operațiile de strunjire din problema 1 considerînd durabilitatea cuțitului egală cu 120 minute. Elementele geometrice, materialul sculei și al piesei sînt aceleași ca în problema precedentă.

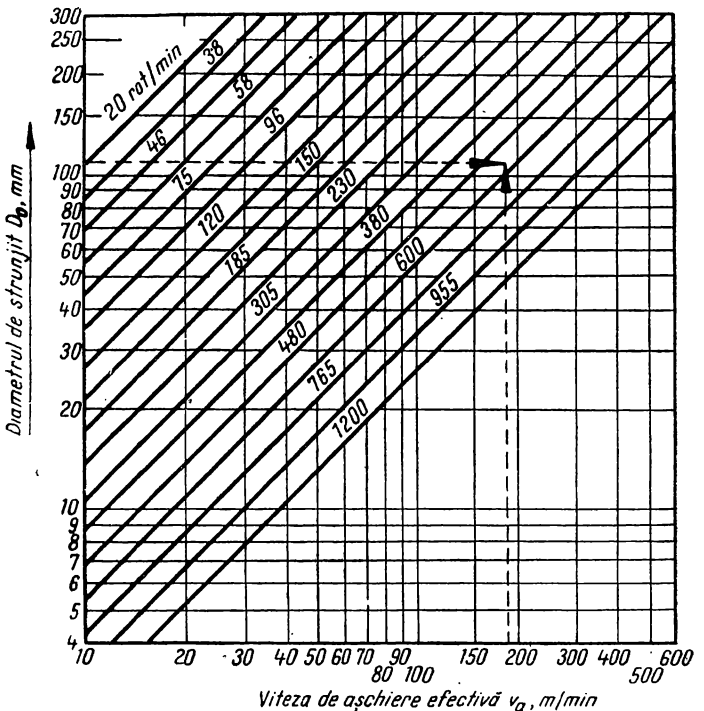


Fig. 1.3. Nomogramă pentru calculul turației funcție de viteza de așchiere și de diametrul piesei

Rezolvare. În acest caz toți coeficienții din (1.1) sînt identici cu cei din problema precedentă cu excepția lui K_T care se va înlocui cu valoarea corespunzătoare durabilității $T=120$ min.

Deoarece pentru $T=60$ min $K_T=1$ se poate scrie relația $v_{eT}=v_{e30}K_T$. Înlocuind $K_T=0{,}87$ pentru $T=120$ min

(tabelul 1.4) și valorile lui v_{e60} din problema precedentă, rezultă:

– pentru suprafața A $\quad v_{e120}=184\cdot0,87=160\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$;

– pentru suprafața B $\quad v_{e120}=230\cdot0,87=200\ \frac{\text{m}}{\text{min}}$.

Aceleași rezultate se obțin cunoscînd că viteza de așchiere este invers proporțională cu durabilitatea T la puterea m. Pentru durabilitatea T_1 și respectiv T_2 se poate scrie:

$$v_{eT_1}=\frac{C}{T_1^m};\quad v_{eT_2}=\frac{C}{T_2^m},$$

unde C este o constantă. Împărțind prima relație la cea de a doua se obține $\frac{v_{eT_1}}{v_{eT_2}}=\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^m$, de unde $v_{eT_2}=\frac{v_{eT_1}}{(T_2/T_1)^m}$.

Cunoscînd v_e pentru $T_1=60$ min (v_{e60}) și determinînd $m=0,2$ din tabelul 1.3, pentru $T_2=120$ min se obține:

– pentru suprafața A

$$v_{e120}=\frac{184}{(120/60)^{0,2}}=184\cdot0,87=160\ \frac{\text{m}}{\text{min}};$$

– pentru suprafața B

$$v_{e120}=\frac{230}{(120/60)^{0,2}}=230\cdot0,87=200\ \frac{\text{m}}{\text{min}}.$$

Determinarea vitezei economice de așchiere în acest mod este foarte comodă în special cînd nu se găsesc în tabele coeficienții K_T pentru durabilitatea ce se cere să fie realizată.

3. Să se determine forțele de așchiere pentru strunjirea longitudinală din problema 1 și să se verifice dacă puterea motorului electric ce antrenează strungul S3 este suficientă pentru executarea acestei operații.

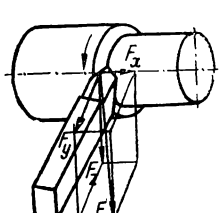


Fig. 1.4. Forțele la strunjire

Rezolvare. Forțele ce apar în procesul de așchiere sînt reprezentate în fig. 1.4 și se calculează cu (1.4)...(1.6).

În tabelul 1.12 pentru strunjirea longitudinală exterioară și prelucrarea cu cuțit cu plăcuță din carburi metalice se găsesc: $C_{Fz}=300$; $x_{Fz}=1,0$; $y_{Fz}=0,75$; $n_z=-0,15$; $C_{Fy}=243$; $x_{Fy}=0,9$; $y_{Fy}=0,6$; $n_y=-0,3$; $C_{Fx}=339$; $x_{Fx}=1,0$; $y_{Fx}=0,5$; $n_x=-0,4$.

Din tabelele 1.13 și 1.14 rezultă: $K_{mz}=\left(\frac{58,8}{73,5}\right)^{0,75}=0,84$; $K_{\varkappa z}=1,0$; $K_{\lambda z}=1,0$; $K_{rz}=0,93$; $K_{my}=\left(\frac{58,8}{73,5}\right)^{1,35}=0,74$; $K_{\varkappa y}=1,0$; $K_{\lambda y}=1,25$; $K_{ry}=0,82$; $K_{mx}=\left(\frac{58,8}{73,5}\right)^{1,0}=0,8$; $K_{\varkappa x}=1,0$; $K_{\lambda x}=0,85$. Cu (1.7) ... (1.9) se obțin: $K_{Fz}=0,84\cdot0,93=0,78$; $K_{Fy}=0,74\cdot1,25\cdot0,82=0,75$; $K_{Fx}=0,8\cdot0,85=0,68$.

Din (1.4) ... (1.6) se obțin forțele de așchiere în cele trei direcții și anume:

$$F_z=9,8\cdot3,0\cdot3^{1,0}\cdot0,3^{0,75}\cdot155^{-0,15}\cdot0,78;$$
$$F_y=9,8\cdot243\cdot3^{0,9}\cdot0,3^{0,6}\cdot155^{-0,3}\cdot0,75;$$
$$F_x=9,8\cdot339\cdot3^{1,0}\cdot0,3^{0,5}\cdot155^{-0,4}\cdot0,68.$$

Ridicările la putere din expresiile forțelor se efectuează folosind tabelul 1.16.

Pentru numerele care nu se găsesc în tabelul 1.16 ridicările la putere se efectuează prin interpolare folosind același tabel. De exemplu $155^{0,15}$ se poate obține aflînd din tabel $150^{0,15}=2,120$ și $175^{0,15}=2,170$, apoi interpolînd liniar între aceste două valori se obține rezultatul. Dacă $2,170-2,120=0,050$ corespunde măririi cu 25 unități a numărului care se ridică la putere, la mărirea acestuia cu 5 unități se obține o creștere a rezultatului cu $\frac{0,05\cdot5}{25}=0,010$. Prin urmare $155^{0,15}=150^{0,15}+0,010=2,120+0,010=2,130$. Deci $155^{-0,15}=\frac{1}{155^{0,15}}=\frac{1}{2,130}=0,469$.

Calculînd în mod similar $155^{-0,3}$ și $155^{-0,4}$ apoi înlocuind, rezultă forțele:

$$F_z=9,8\cdot300\cdot3\cdot0,405\cdot0,469\cdot0,78=1\,305\ \text{N};$$
$$F_y=9,8\cdot243\cdot2,688\cdot0,485\cdot0,220\cdot0,75=411\ \text{N};$$
$$F_x=9,8\cdot339\cdot3\cdot0,547\cdot0,132\cdot0,68=489\ \text{N}.$$

Puterile dezvoltate de motorul electric pentru lanțul cinematic principal și de avans se calculează cu (1.10) și (1.11), unde v_a, n_p și s se înlocuiesc cu valorile acestora determinate în problema 1 iar $\eta_p=\eta_s=0{,}7$ și rezultă:

$$P_a=\frac{1\,305\cdot 155}{9{,}8\cdot 6\,120\cdot 0{,}7}=4{,}818 \text{ kW};$$

$$P_s=\frac{489\cdot 480\cdot 0{,}3}{9{,}8\cdot 6{,}12\cdot 10^6\cdot 0{,}7}=0{,}0017 \text{ kW}.$$

Operația de strunjire longitudinală cu regimul ales se poate efectua pe strungul S3 dacă suma celor două puteri (deoarece ambele lanțuri cinematice sînt antrenate de același motor) este mai mică sau egală cu puterea motorului strungului. Se observă că această condiție este satisfăcută, deoarece $P_a+P_s=4{,}8197$ kW<7 kW.

1.1.3.2. Filetarea pe strung fără cutie de avansuri și filete

1. Să se calculeze roțile de schimb pentru realizarea unui filet, fiind cunoscute: $p_p=0{,}75$ mm și $p_{sc}=10$ mm.

Rezolvare. Un strung fără cutie de avansuri și filete este reprezentat schematic în fig. 1.5. Între turația șurubului conducător n_{sc} și turația piesei n_p există legătura (fig. 1.5)

$$n_{sc}=i_r n_p, \qquad (1.13,\ 1)$$

unde i_r este raportul de transmitere al roților de schimb.

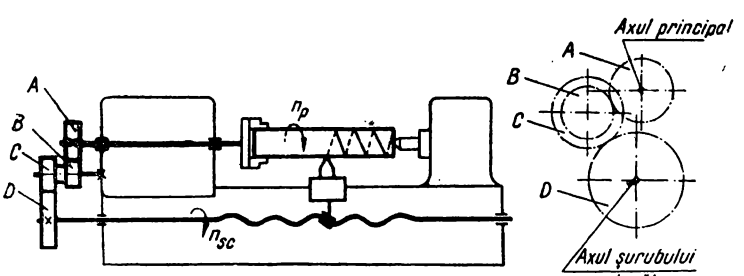


Fig. 1.5. Schema cinematică a strungului fără cutie de avansuri și filete

Înlocuind în (1.12) n_{sc} din (1.13, 1) se obține

$$i_r = \frac{p_p}{p_{sc}} \cdot \tag{1.13}$$

Cu datele din problemă rezultă $i_r = \frac{0{,}75}{10} = \frac{0{,}75 \cdot 4}{10 \cdot 4} = \frac{3}{40}$.

În mod obișnuit garnitura roților de schimb la strungurile fără cutii de avansuri și filete se compune din roți având numere de dinți din 5 în 5 între 20 și 100 inclusiv, la care se mai adaugă roata cu 127 dinți.

Raportul de transmitere $i_r = \frac{3}{40}$ nu poate fi realizat cu ajutorul unei singure perechi de roți dințate și de aceea se trece la descompunerea lui în două rapoarte și anume: $\frac{3}{40} = \frac{3}{8}\frac{1}{5}$. Pentru obținerea numerelor de dinți ai roților dințate numărătorul și numitorul fiecărui raport se înmulțește cu un coeficient K în așa fel încît să rezulte roți dințate existente în garnitura roților de schimb.

Considerînd $K=10$ pentru fracția $\frac{3}{8}$ și $K=20$ pentru $\frac{1}{5}$ rezultă:

$$\frac{A}{B} = \frac{3 \cdot 10}{8 \cdot 10} = \frac{30}{80};$$

$$\frac{C}{D} = \frac{1 \cdot 20}{5 \cdot 20} = \frac{20}{100}.$$

În consecință $i_r = \frac{0{,}75}{10} = \frac{A}{B}\frac{C}{D} = \frac{30}{80}\frac{20}{100}$.

Condițiile de angrenare (1.14) sînt îndeplinite deoarece $A+B=110>C+20=40$ și $C+D=120>B+20=100$.

Montarea la strung a celor două perechi de roți dințate rezultă din fig. 1.5.

2. Să se determine roțile de schimb necesare pentru tăierea unui filet whitworth cu $N_p=5$ pași pe țol pe un strung al cărui șurub conducător are pasul $p_{sc}=8$ mm.

Rezolvare. Înlocuind în (1.13) p_p rezultat din (1.16), prin înlocuirea lui p cu p_p, N cu N_p și $p_{sc}=8$ mm, rezultă $i_r = \frac{25{,}4}{5}\frac{1}{8}$. Deoarece $25{,}4 = \frac{127}{5}$ se obține $i_r = \frac{127}{5 \cdot 5 \cdot 8} = \frac{127}{200}$.

Raportul obținut nu se poate simplifica întrucît numărătorul este un număr prim. Deoarece numai roata cu 127 dinți se găsește în garnitura roților de schimb, i_r se descompune în produsul a două fracții și anume $i_r = \frac{127}{50}\frac{1}{4}$. Prima fracție se obține cu roțile de schimb $\frac{A}{B} = \frac{127}{50}$ iar cea de a doua cu $\frac{C}{D} = \frac{20 \cdot 1}{20 \cdot 4} = \frac{20}{80}$.

Prin urmare

$$i_r = \frac{A}{B}\frac{C}{D} = \frac{127}{50}\frac{20}{80}.$$

Verificînd condițiile (1.14) se observă că acestea sînt îndeplinite.

3. Să se determine roțile de schimb pentru realizarea unui filet modul, fiind cunoscute: $m = 2{,}5$ mm și $p_{sc} = 12$ mm.

Rezolvare. Raportul de transmitere i_r este dat de (1.13), în care p_p se înlocuiește din (1.17) și rezultă $i_r = \frac{\pi m}{p_{sc}}$.

Fracțiile ordinare de aproximare a numărului π sînt date în tabelul 1.17. Pentru problema dată se pot folosi rapoartele $\frac{22}{7}$ și $\frac{19 \cdot 21}{127}$.

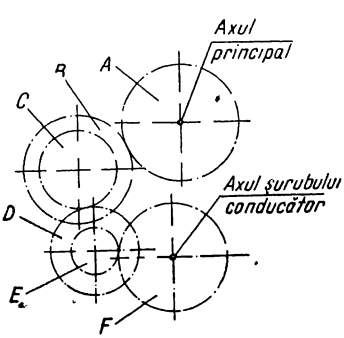


Fig. 1.6. Montarea roților de schimb la strungul fără cutie de avansuri și filete

Dacă se consideră primul raport rezultă două perechi de roți de schimb și anume $i_r = \frac{A}{B}\frac{C}{D} = \frac{22}{7}\frac{2{,}5}{12} = \frac{110}{35}\frac{25}{120}$. Eroarea de realizare a pasului este în acest caz de aproximativ 9 ori mai mare decît în cazul utilizării celui de al doilea raport cînd rezultă trei perechi de roți de schimb

$$i_r = \frac{A}{B}\frac{C}{D}\frac{E}{F} = \frac{19 \cdot 21}{127}\frac{2{,}5}{12} = \frac{19 \cdot 5}{6 \cdot 10}\frac{21 \cdot 5}{5 \cdot 5 \cdot 2}\frac{2{,}5 \cdot 10}{127} = \frac{95}{60}\frac{105}{50}\frac{25}{127}$$

așezate la strung ca în fig. 1.6.

Condițiile (1.15) sînt îndeplinite deoarece $A+B=155>$ $>C+20=125$, $C+D=155>E+B+5=90$ și $E+F=152>$ $>D+20=70$.

4. Să se determine roțile de schimb pentru realizarea unui filet metric cu pasul $p_p=1{,}75$ mm pe un strung al cărui șurub conducător are $N_{sc}=6$ pași pe țol.

Rezolvare. Înlocuind în (1.13) p_{sc} transformat în milimetri, prin înlocuirea lui p cu p_{sc} și N cu N_{sc} cu (1.16), rezultă

$$i_r=\frac{p_p N_{sc}}{25{,}4}.$$

Deoarece $25{,}4=\frac{127}{5}$ cu datele problemei se obține

$$i_r=\frac{A}{B}\frac{C}{D}=\frac{1{,}75\cdot 6}{\frac{127}{5}}=\frac{5\cdot\frac{7}{4}\cdot 6}{127}=\frac{5\cdot 7\cdot 3}{127}\frac{1}{2}=\frac{105}{127}\frac{20}{40}.$$

Se observă că nu sînt îndeplinite condițiile (1.14) deoarece $C+D=20+40=60<B+20=127+20=147$. De aceea se schimbă roțile conduse (B și D) între ele, rezultînd următoarele roți de schimb:

$A=105$ dinți; $B=40$ dinți;

$C=20$ dinți; $D=127$ dinți.

Schimbarea roților conduse (sau conducătoare) între ele este posibilă deoarece raportul i_r nu se schimbă.

5. Să se determine roțile de schimb pentru executarea unui filet wihtworth cu $N_p=32$ pași pe țol la un strung avînd șurubul conducător cu $N_{sc}=6$ pași pe țol.

Rezolvare. Deoarece atît șurubul conducător cît și piesa au filete whitworth din (1.13) și (1.16), prin înlocuirea lui p cu p_p și N cu N_p, rezultă $i_r=\frac{N_{sc}}{N_p}$. Înlocuind datele problemei se obține $i_r=\frac{6}{32}=\frac{3}{4}\frac{1}{4}$.

Raportul de transmitere rezultat se realizează cu roțile de schimb

$$\frac{A}{B}\frac{C}{D}=\frac{30}{40}\frac{20}{80}.$$

Pentru îndeplinirea condițiilor (1.14) se schimbă roțile conducătoare între ele și rezultă:

$$\frac{A}{B}=\frac{20}{40};\quad \frac{C}{D}=\frac{30}{80}.$$

6. Să se determine roțile de schimb pentru prelucrarea unui filet modul, fiind cunoscute: $m=3$ mm și $N_{sc}=6$ pași pe țol.

Rezolvare. Înlocuind în (1.13) p_p din (1.17) și p_{sc} rezultat din (1.16) prin înlocuirea lui p cu p_{sc} și N cu N_{sc} se obține:

$$i_r=\frac{\pi m N_{sc}}{25{,}4}.$$

Considerînd $\frac{\pi}{25{,}4}\approx\frac{5\cdot 19}{24\cdot 32}$ (tabelul 1.18), pentru $m=3$ și $N_{sc}=6$ pași pe țol se obține:

$$i_r=\frac{A}{B}\frac{C}{D}=\frac{5\cdot 19}{24\cdot 32}\cdot 3\cdot 6=\frac{15}{8}\frac{19}{16}=\frac{75}{40}\frac{95}{80}.$$

Întrucît condițiile (1.14) sînt îndeplinite roțile de schimb sînt:

$A=75$ dinți; $\quad B=40$ dinți;
$C=95$ dinți; $\quad D=80$ dinți.

7. Să se determine roțile de schimb pentru executarea unui filet în Diametral Pitch $P=24\frac{\text{dinți}}{\text{țol}}$ pe un strung al cărui șurub conducător are pasul $p_{sc}=6$ mm.

Rezolvare. Cînd se lucrează în țoli, în locul modulului, se folosește așa numitul Diametral Pitch care se definește ca raportul numărului de dinți ai roții la diametrul de divizare al acesteia exprimat în țoli.

Înlocuind în (1.13) $p_{sc}=6$ mm și p_p dat de (1.19) se obține $i_r=\frac{25{,}4\pi}{6P}$. Considerînd $25{,}4\pi\approx\frac{10\cdot 17\cdot 23}{7\cdot 7}$ (tabelul 1.19), rezultă

$$i_r=\frac{\frac{10\cdot 17\cdot 23}{7\cdot 7}}{6\cdot 24}=\frac{5\cdot 17\cdot 23}{7\cdot 7\cdot 6\cdot 12}=\frac{5}{12}\frac{17}{21}\frac{23}{14}.$$

Prin înmulțirea atît a numărătorului cît și a numitorului fiecărei fracții cu 5 se obțin roțile de schimb

$$\frac{A}{B}\frac{C}{D}\frac{E}{F}=\frac{25}{60}\frac{85}{105}\frac{115}{70}$$

Deoarece cu roțile $A \ldots F$, care au numerele de dinți determinate mai sus, nu sînt îndeplinite toate condițiile (1.15), se schimbă roata A cu E și D cu F, rezolvîndu-se în acest fel problema angrenării. În consecință, roțile de schimb care se montează conform schiței prezentată în fig. 1.6, sînt:

$A = 115$ dinți; $B = 60$ dinți;
$C = 85$ dinți; $D = 70$ dinți;
$E = 25$ dinți; $F = 105$ dinți.

1.1.3.3. Prelucrări pe strung cu cutie de avansuri și filete

1. Să se găsească relația de legătură dintre avansurile și pașii filetelor ce se pot realiza pe strungul S3, la aceleași poziții ale manetelor, folosind aceleași roți de schimb.

Rezolvare. Lanțul cinematic de filetare este comun cu lanțul cinematic de avans pînă la arborele *XVII* (fig. 1.7).

Turația arborelui *XVII*, la o rotație a arborelui principal, se obține din (1.12) înlocuind $n_p=1$ și anume

$$n_{XVII}=n_{sc}=\frac{p_p}{p_{sc}}. \qquad (1.20, 1)$$

Urmărind lanțurile cinematice de avans între arborele *XVII* și șuruburile conducătoare rezultă avansurile:

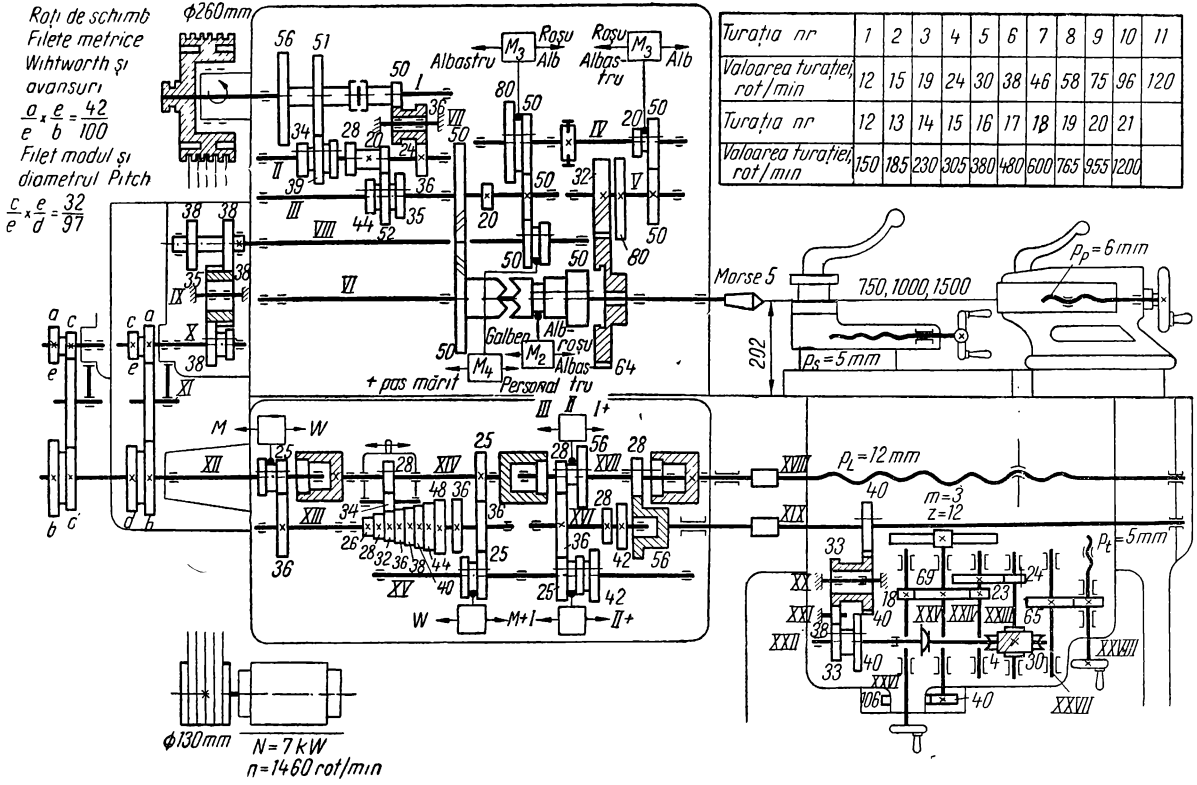
$$s_l=n_{XVII}\, i_c i_{cl} \pi d_p\,; \qquad (1.20, 2)$$

$$s_t=n_{XVII}\, i_c i_{ct}\, p_t\,, \qquad (1.21, 1)$$

unde

i_c este raportul de transmitere între arborii *XVII* și *XXIII*;

i_{cl} – raportul de transmitere între arborii *XXIII* și *XXV*;



Turația nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Valoarea turației rot/min	12	15	19	24	30	38	46	58	75	96	120
Turația nr	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Valoarea turației rot/min	150	185	230	305	380	480	600	765	955	1200	

Fig. 1.7. Schema cinematică a strungului S3

i_{ct} este raportul de transmitere între arborii *XXIII* și *XXVIII*;

d_p – diametrul de divizare al pinionului ce angrenează cu cremaliera, mm;

p_t – pasul șurubului pentru avansul transversal, mm.

Din schema cinematică (fig. 1.7) rezultă:

$$i_c = \frac{28}{56}\frac{40}{40}\frac{40}{40}\frac{4}{30} = \frac{1}{15};$$

$$i_{cl} = \frac{24}{50}\frac{23}{69} = \frac{12}{25}\frac{23}{69};$$

$$i_{ct} = \frac{24}{65}\frac{65}{20} = \frac{6}{5};$$

$$d_p = mz = 3 \cdot 12; \quad p_t = 5 \text{ mm}; \quad p_{sc} = 12 \text{ mm}.$$

Înlocuind aceste valori precum și n_{XVII} din (1.20, 1) în (1.20, 2) și (1.21, 1) se obține legătura dintre avansurile și pașii filetelor ce se pot realiza pe strungul S3, astfel:

$$s_l = \frac{p_p}{12}\frac{1}{15}\frac{12 \cdot 23}{25 \cdot 69}\pi 3 \cdot 12 = \frac{p_p}{9{,}947}\left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right]; \qquad (1.20)$$

$$s_t = \frac{p_p}{12}\frac{1}{15}\frac{6}{5}5 = \frac{p_p}{30}\left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right]. \qquad (1.21)$$

2. Să se determine avansurile realizate pe strungul S3 în următoarele cazuri:

a) roți de schimb 42 : 100; *M*2 – alb; *M*3 – roșu; *M*4 – pas mărit; *A* – pe filet metric; *B* – *II*; *C* – *I*; levierul Norton pe poziția *8*;

b) roți de schimb 42 : 100; *M*2 – orice poziție; *M*3 – – orice poziție; *M*4 – pas normal; *A* – pe filet whitworth; *B* – *II*; *C* – *II*; levierul Norton pe poziția *4*.

Rezolvare. În tabelul 1.20 nu sînt date avansurile corespunzătoare cazurilor din problemă. Pentru determinarea lor se folosesc formulele (1.20) și (1.21).

În tabelul 1.20 se găsesc următoarele filete ce se pot realiza în cazurile date: a) filet metric cu $p_p = 24$ mm; b) filet whitworth cu $2\frac{1}{4}$ pași pe țol.

Înlocuind în (1.20) și (1.21) p_p=24 mm pentru primul caz și p_p dat de (1.16) prin înlocuirea lui p cu p_p și N cu N_p pentru cel de al doilea, rezultă:

a) $$s_l = \frac{24}{9{,}947} = 2{,}41 \left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right];$$

$$s_t = \frac{24}{30} = 0{,}8 \left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right];$$

b) $$p_p = \frac{25{,}4}{2\frac{1}{4}} = \frac{25{,}4}{\frac{9}{4}} = \frac{25{,}4 \cdot 4}{9} = 11{,}29 \text{ mm};$$

$$s_l = \frac{11{,}29}{9{,}947} = 1{,}13 \left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right];$$

$$s_t = \frac{11{,}29}{30} = 0{,}37 \left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right].$$

3. Să se determine avansurile realizate pe strungul S3 în următoarele cazuri:

a) poziția manetelor corespunzătoare obținerii filetului modul cu m=0,203 mm;

b) poziția manetelor corespunzătoare obținerii filetului. Diametrul Pitch cu 88 dinți pe țol.

Rezolvare. Avansurile în aceste cazuri se obțin prin fixarea manetelor în pozițiile corespunzătoare realizării filetelor date și transmiterea mișcării la cutia căruciorului.

Valorile avansurilor rezultă din (1.20) și (1.21) prin înlocuirea lui p_p dat de (1.17), pentru cazul *a* și din (1.19) pentru cazul *b*. Înlocuind și efectuînd calculele rezultă:

a) $$p_p = \pi 0{,}203 = 0{,}638 \text{ mm};$$

$$s_l = \frac{0{,}638}{9{,}947} = 0{,}064 \left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right];$$

$$s_t = \frac{0{,}638}{30} = 0{,}021 \left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right];$$

b) $p_p = \frac{25{,}4\pi}{88} = 0{,}907$ mm;

$$s_l = \frac{0{,}907}{9{,}947} = 0{,}091 \left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right];$$

$$s_t = \frac{0{,}907}{30} = 0{,}030 \left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right].$$

4. Să se găsească formula de calcul pentru determinarea roților de schimb la prelucrarea filetelor ale căror pași se pot realiza pe strungul S3 numai prin înlocuirea uneia sau a ambelor roți de schimb.

Rezolvare. Considerînd pozițiile manetelor și roților de schimb $\frac{A'}{B'}$ necesare obținerii filetului cu pasul p'_p ce se găsește în tabelul filetelor, ecuația lanțului cinematic de filetare la strungul S3 (fig. 1.7) este

$$n_{sc} = n_p i_1 \frac{A'}{B'} i_2, \qquad (1.22, 1)$$

unde

i_1 este raportul de transmitere între arborele principal și arborele X;

i_2 – raportul de transmitere între arborii XII și $XVIII$.

Înlocuind în (1.12) n_{sc} din (1.22, 1) și p_p cu p'_p se obține

$$i_1 i_2 = \frac{p'_p}{p_{sc}} \frac{B'}{A'}. \qquad (1.22, 2)$$

Pentru realizarea filetului cu pasul p_p se schimbă roțile $\frac{A'}{B'}$ cu $\frac{A}{B}$, păstrînd pozițiile manetelor corespunzătoare realizării filetului cu pasul p'_p, deci i_1 și i_2 au aceleași valori în ambele cazuri. Urmînd același raționament ca mai sus se găsește

$$i_1 i_2 = \frac{p_p}{p_{sc}} \frac{B}{A} \qquad (1.22, 3)$$

și eliminînd $i_1 i_2$ din (1.22, 2) și (1.22, 3) se obține

$$\frac{A}{B} = \frac{p_p}{p'_p} \frac{A'}{B'}, \qquad (1.22)$$

în care

A și A' sînt roți conducătoare;

B și B' — roți conduse.

În cazul cînd roțile conducătoare rămîn neschimbate, adică ($A=A'$) iar filetul cu pasul dorit se realizează numai prin schimbarea roții conduse, din (1.22) rezultă

$$B=\frac{p'_p}{p_p}B' \quad [\text{dinți}]. \tag{1.23}$$

Cînd $B'=B$, deci se păstrează roata condusă folosită la realizarea filetului cu pasul dat în tabel, din (1.22) se obține

$$A=\frac{p_p}{p'_p}A' \quad [\text{dinți}]. \tag{1.24}$$

5. Să se determine avansurile longitudinal și transversal, corespunzătoare pozițiilor manetelor pentru obținerea filetului metric cu pasul 0,812 mm în cazul folosirii roților de schimb 32 : 100.

Rezolvare. Înlocuind p_p din (1.22) în (1.20) și (1.21) rezultă:

$$s_l=\frac{p'_p}{9{,}947}\frac{A}{B}\frac{B'}{A'}\left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right];$$

$$s_t=\frac{p'_p}{30}\frac{A}{B}\frac{B'}{A'}\left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right].$$

Pentru $A'/B'=42:100$ (roți de schimb folosite la prelucrarea filetelor metrice), $A/B=32:100$ și $p'_p=0{,}812$ mm (datele problemei) rezultă:

$$s_l=\frac{0{,}812}{9{,}947}\frac{32}{100}\frac{100}{42}=0{,}061\left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right];$$

$$s_t=\frac{0{,}812}{30}\frac{32}{100}\frac{100}{42}=0{,}020\left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right].$$

6. Să se realizeze pe strungul S3 un filet metric cu pasul $p_p=0{,}8$ mm.

Rezolvare. Realizarea filetului cu pasul 0,8 mm pe strungul S3, folosind roțile de schimb existente la strung, este posibilă numai atunci cînd se poate admite o eroare de pas egală

cu 0,006 mm [4]. În caz contrar se recurge la confecționarea uneia sau a ambelor roți de schimb.

Se verifică la început posibilitatea realizării filetului dat prin confecționarea numai a roții conducătoare, folosind ca roată condusă pe cea existentă la strung ($B'=100$ dinți).

Formula (1.24) poate fi scrisă sub forma: $A=\frac{Kp_p}{Kp'_p}A'$, unde K este un coeficient.

Pentru realizarea pasului p_p fără eroare, roata A trebuie să rezulte cu un număr întreg de dinți. Din acest motiv este necesar să se găsească un filet cu pasul p'_p realizabil pe strungul S3, astfel încît să fie îndeplinite condițiile:

$$\frac{A'}{Kp'_p}=\text{număr întreg} \qquad (1.24,\ 1)$$

și

$$Kp_p=\text{număr întreg.} \qquad (1.24,\ 2)$$

Pasul p'_p trebuie să fie cît mai aproape de p_p pentru a rezulta o roată cu un număr de dinți apropiat de cel al roții pe care o înlocuiește.

Din (1.24, 2) pentru $p_p=0{,}8$ mm rezultă $K=5$.

Deoarece $A'=42=2\cdot3\cdot7$, din (1.24, 1) rezultă pentru Kp'_p valorile: 2; 3; 6; 7; 14; 21; 42. Pentru $K=5$ și $Kp'_p=3$ sau $Kp'_p=6$ rezultă:

$$p'_p=\frac{3}{5}=0{,}6 \text{ mm}; \quad p'_p=\frac{6}{5}=1{,}2 \text{ mm},$$

pași ce nu există în tabelul filetelor realizabile pe strungul S3.

În consecință realizarea filetului cu $p_p=0{,}8$ mm prin înlocuirea roții conducătoare nu este posibilă.

În cazul confecționării numai a roții conduse, raționînd la fel ca mai sus, din (1.23) rezultă condițiile:

$$\frac{B'}{Kp_p}=\text{număr întreg;} \qquad (1.23,\ 1)$$

$$Kp'_p=\text{număr întreg.} \qquad (1.23,\ 2)$$

Condiția (1.23, 1) este îndeplinită pentru Kp_p avînd valorile 2; 4; 5; 10; 25 deoarece $B'=100=2^2\cdot5^2$. Pentru $p_p=0{,}8$ mm rezultă $K=5$.

Filetul cu pasul $p'_p=1$ mm, care se găsește în tabelul 1.20, îndeplinește condiția (1.23, 2) pentru $K=5$, și în același timp are o valoare apropiată de $p_p=0,8$ mm.

Din (1.23) rezultă numărul de dinți ai roții conduse

$$B=\frac{1}{0,8}100=125 \text{ dinți.}$$

Deci pentru prelucrarea pe strungul S3 a unui filet cu pasul 0,8 mm se așază manetele în pozițiile corespunzătoare obținerii pasului 1 mm iar roata de 100 dinți se înlocuiește cu altă roată având 125 dinți.

7. Să se prelucreze pe strungul S3 un filet whitworth având $1\frac{1}{2}$ pași pe țol.

Rezolvare. Deoarece în tabelul 1.20 nu se găsește acest filet se va încerca realizarea lui prin confecționarea uneia din cele două roți de schimb.

a. Înlocuirea roții conducătoare.

Din (1.24) și (1.16), înlocuind p cu p_p și N cu N_p rezultă:

$$A=\frac{N'_p}{N_p}A'=\frac{KN'_p}{KN_p}A', \qquad (1.24, 3)$$

unde K este un coeficient.

Pentru a rezulta un filet fără eroare de pas trebuie îndeplinite condițiile:

$$KN'_p=\text{număr întreg}; \qquad (1.24, 4)$$

$$\frac{A'}{KN_p}=\text{număr întreg}. \qquad (1.24, 5)$$

Deoarece $A'=42=2\cdot3\cdot7$, pentru a fi îndeplinită condiția (1.24, 5) KN_p trebuie să aibă valorile: 2; 3; 6; 7; 21; 42. Pentru $N_p=1\frac{1}{2}$ pași pe țol rezultă $K=2$.

Din tabelul 1.20 se găsește $N'_p=2$ pași pe țol care pentru $K=2$ îndeplinește condiția (1.24, 4) și în același timp are pasul apropiat de cel ce trebuie realizat.

Înlocuind în (1.24, 3) $N'_p=2$, $N_p=1\frac{1}{2}=\frac{3}{2}$ paşi pe ţol şi $A'=42$ dinţi se obţine

$$A=\frac{2}{\frac{3}{2}}42=4\cdot 14=56 \text{ dinţi.}$$

b. Înlocuirea roţii conduse.

Din (1.23) şi (1.16), înlocuind p cu p_p şi N cu N_p rezultă :

$$B=\frac{N_p}{N'_p}B'=\frac{KN_p}{KN'_p}B'. \qquad (1.23, 3)$$

Un filet fără eroare de pas rezultă cînd sînt îndeplinite condiţiile :

$$KN_p=\text{număr întreg;} \qquad (1.23, 4)$$

$$\frac{B'}{KN'_p}=\text{număr întreg.} \qquad (1.23, 5)$$

Pentru $N_p=1\frac{1}{2}$ paşi pe ţol din (1.23, 4) rezultă $K=2$. Din (1.23, 5) pentru $B'=100=2^2\cdot 5^2$ şi $K=2$ rezultă $N'_p=2$ paşi pe ţol, filet ce se găseşte în tabelul 1.20.

Din (1.23, 3) rezultă :

$$B=\frac{\frac{3}{2}}{2}100=75 \text{ dinţi.}$$

În concluzie filetul whitworth cu $1\frac{1}{2}$ paşi pe ţol se poate realiza pe strungul S3 fixînd poziţiile manetelor pentru obţinerea filetului whitworth cu 2 paşi pe ţol şi schimbînd fie roata conducătoare $A'=42$ dinţi cu $A=56$ dinţi, fie pe cea condusă $B'=100$ dinţi cu $B=75$ dinţi.

8. Să se prelucreze pe strungul S3 un canal spiral plan cu pasul de 2 mm.

Rezolvare. Întrucît nu se admite eroare de pas, spirala plană avînd pasul 2 mm, nu se poate realiza la strungul S3 cu roţile de schimb existente [4]. În consecinţă este necesar să se confecţioneze una sau ambele roţi de schimb.

Pentru calculul roţilor trebuie să se cunoască un avans transversal realizabil pe strung, avînd valoarea apropiată

de 2 mm. Deoarece în tabelul 1.20 nu este trecut un asemenea avans se caută realizarea lui prin fixarea manetelor în pozițiile necesare obținerii filetului metric și transmiterea mișcării la sania transversală. Avansul $s_t=2$ mm rezultă pentru un filet cu pasul $p_p=60$ mm formula (1.21).

Filetul cu $p_p=60$ mm se poate realiza prin înlocuirea roții de schimb conduse dacă sînt îndeplinite condițiile (1.23,1) și (1.23,2) date în problema 6.

Din(1.23,1), deoarece $B'=2^2\cdot5^2$, rezultă pentru Kp_p valorile : 2 ; 4 ; 5 ; 10 ; 20 ; 25. Valorile lui K pentru $p_p=60$ mm sînt :

$$\frac{1}{30};\ \frac{1}{15};\ \frac{1}{12};\ \frac{1}{6};\ \frac{1}{3}.$$

Din tabelul 1.20 se aleg pașii filetelor p'_p care îndeplinesc condiția (1.23,2) și anume: 18 ; 24 ; 36 ; 48 ; 72 mm.

Pentru determinarea roții conduse se consideră numai $p'_p=48$ mm și $p'_p=72$ mm, deoarece sînt cele mai apropiate de $p_p=60$ mm și din (1.23) rezultă :

pentru $p'_p=48$ mm, $B=\frac{48}{60}100=80$ dinți ;

pentru $p'_p=72$ mm, $B=\frac{72}{60}100=120$ dinți.

În concluzie spirala plană cu pasul 2 mm se poate realiza prin înlocuirea roții $B'=100$ dinți cu roata $B=80$ dinți sau $B=120$ dinți și fixarea manetelor în pozițiile corespunzătoare obținerii filetului cu pasul 48 mm, respectiv 72 mm și transmiterea mișcării la sania transversală.

9. Să se strunjească piesa excentrică din fig. 1.8, *a*.

Rezolvare. Prelucrarea suprafețelor A și B se poate realiza prin strîngerea piesei pe suprafața C în universalul cu trei bacuri și așezarea unei plăcuțe în dreptul unui bac (fig. 1.8 *b*)

Din (1.25) cu datele problemei (fig. 1.8, *a*) se obține grosimea plăcuței

$$b=2{,}8-\frac{70}{2}+\sqrt{\frac{70^2}{4}+2{,}8^2+\frac{2{,}8\cdot70}{2}}=4{,}20\ \text{[mm]}.$$

Grosimea plăcuței poate fi determinată mai simplu cu (1.26) în care se înlocuiește K dat în tabelul 1.21.

Pentru $e=2{,}8$ mm și $D_f=70$ mm se calculează $r=\frac{e}{D_f}=$ $=\frac{2{,}8}{70}=0{,}04$, iar din tabelul 1.21 rezultă $K=0{,}060$. Din (1.26) se obține

$$b=0{,}060\cdot 70=4{,}20 \quad [\text{mm}].$$

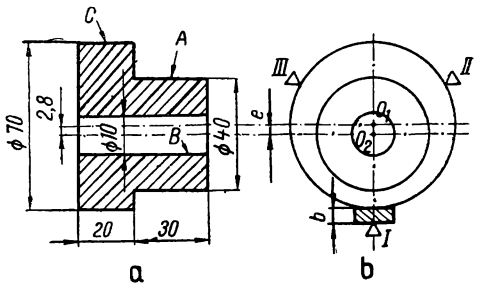


Fig. 1.8. Prelucrarea suprafețelor excentrice :

A, B — suprafețele de prelucrat; *C* — suprafață de prindere; *I, II, III* — bacurile universalului

10. Să se prelucreze pe strung, prin deplasarea transversală a păpușii mobile, piesa conică, avînd dimensiunile:

$D_{max}=45$ mm ; $D_{min}=20$ mm ; $l=80$ mm și $L=150$ mm.

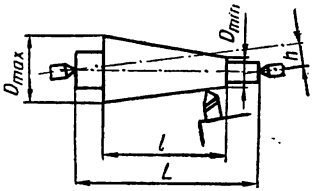


Fig. 1.9. Schema strunjirii conice prin deplasarea transversală a păpușii mobile

Rezolvare. Corpul păpuși mobile se deplasează transversal cu distanța h (fig. 1.9) dată de (1.27).

Cu datele problemei din (1.27) rezultă

$$h=\frac{45-20}{2\cdot 80}\,150=23{,}43 \quad [\text{mm}].$$

1.2. STRUNGURI REVOLVER

Strungurile revolver, caracterizate prin existența capului revolver în care se pot fixa mai multe scule, sînt destinate prelucrării în serie a pieselor mici și mijlocii, la care toate

operațiile se execută dintr-o singură prindere a piesei. Pe aceste strunguri se efectuiază operații de strunjire, găurire, alezare, filetare etc.

1.2.1. Notații folosite

h este adîncimea găurii, mm;
d_s — diametrul burghiului, mm;
M — momentul de așchiere la găurire, Nm;
C_F, C_M, x_F, y_F, z_M, y_M — coeficienți funcției de materialul de prelucrat și materialul sculei;
K_v — coeficient global de corectare a vitezei;
K_m — coeficient de corectare a vitezei funcție de materialul piesei de prelucrat;
K_{ms} — coeficient de corectare a vitezei funcție de materialul sculei;
K_M — coeficient de corectare a momentului și forței de așchiere;
F — forța de așchiere axială, N;
n_{dr} — turația discului revolver, rot/min;
K_h — coeficientul de corectare a vitezei funcție de adîncimea găurii de prelucrat;
K_{hs} — coeficientul de corectare a avansului funcție de adîncimea găurii prelucrate;
K_Q — coeficientul de corectare a vitezei funcție de rigiditatea sistemului mașină-unealtă-piesă-sculă;
v_e — viteza economică (optimă) de așchiere, m/min;
s_a — avansul axial la găurire, mm/rot;
η_p — randamentul lanțului cinematic principal;
s_c — avansul circular, mm/rot;
C_v, x_v, y_v, z_v, m — coeficienți funcție de materialul de prelucrat și operația executată;
T — durabilitatea sculei, min;
t — adîncimea de așchiere, mm;
n_p — turația piesei, rot/min;
$\varkappa$ — unghiul de atac, grad.

1.2.2. Formule de calcul

$$v_e = \frac{C_v d_s^{z_v} K_v}{T^m t^{x_v} s_a^{y_v}} \left[\frac{\text{m}}{\text{min}}\right]; \tag{1.28}$$

$$K_v = K_m K_{m_s} K_h; \tag{1.29}$$

$$M = 9{,}8\, C_M d_s^{z_M} s_a^{y_M} K_M \quad [\text{Nm}]; \tag{1.30}$$

$$F_x = 9{,}8\, C_{F_x} d_s^{z_F} s_a^{y_F} K_M \quad [\text{N}]; \tag{1.31}$$

$$P_a = \frac{M n_p}{9{,}8 \cdot 975\, \eta_p} \quad [\text{kW}]. \tag{1.32}$$

1.2.3. Probleme rezolvate

1.2.3.1. Calculul regimului și al forțelor de așchiere

1. Din bară de OL 60 cu diametrul de 25 mm se prelucrează pe strungul revolver SRO 25 piesa din fig. 1.10. Strunjirea la diametrul Ø 19, Ø 13 și găurirea cu burghiul Ø 6 se execută simultan prin fixarea celor trei scule în același suport.

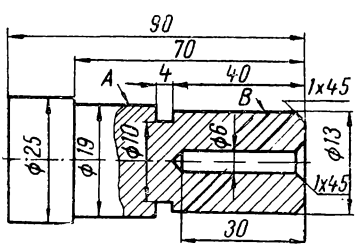


Fig. 1.10. Piesa de prelucrat

Să se aleagă parametrii geometrici ai sculelor și să se determine regimul de așchiere optim pentru această fază.

Rezolvare. Pentru strunjiri se aleg cuțite pentru colț (STAS 6379-67) armate cu plăcuțe din carburi metalice $T15K6$ avînd geoametria: $\varkappa = 90°$, $\varkappa_1 = 10°$; $\gamma = 12°$; $\alpha = 6°$; $\lambda = 0°$; $r = 0{,}5$ mm; secțiunea suportului 16×25 mm². Burghiul este confecționat din oțel rapid Rp 3 cu $2\varkappa = 120°$. Se consideră durabilitățile, atît ale cuțitelor cît și a burghiului, egale cu 25 min.

Adîncimile de așchiere la strunjire, pentru prelucrările la ambele diametre, au valoarea $t = 3$ mm.

Din tabelul 1.1 (pentru rugozitatea 6,3 μm) și din tabelul 1.22 rezultă avansurile:

pentru strunjire $s_l=0,3$ mm/rot;

pentru găurire $s_a=0,18\cdot0,9=0,162$ mm/rot (avansul găsit în tabelul 1.22 s-a multiplicat cu coeficientul 0,9 deoarece $h=5d_s$).

Se alege pentru toate sculele avansul 0,16 mm/rot, existent la strungul SRO 25.

Vitezele de așchiere la operațiile de strunjire se determină ca în problema 1, § 1.1.3.1 și au valoarea

$$v_e=\frac{273\cdot1,18\cdot1,19\cdot1,5\cdot0,81\cdot0,91}{60^{0,2}\cdot3^{0,15}\cdot0,16^{0,20}}=\frac{273\cdot1,54}{2,268\cdot1,18\cdot0,693}=225 \text{ [m/min]}.$$

Viteza optimă la găurire este dată de (1.28) în care: $t=\frac{d_s}{2}=3$; $C_v=7,0$; $z_v=0,4$; $x_v=0$; $y_v=0,7$; $m=0,2$ (tabelul 1.23). Înlocuind în (1.29): $K_m=1,25$ (tabelul 1.24) $K_{ms}=1,0$ (tabelul 1.25); $K_h=0,7$ (tabelul 1.26) se obține $K_v=1,25\cdot0,7=0,875$.

Din (1.28) rezultă

$$v_e=\frac{7\cdot6^{0,4}\cdot0,875}{25^{0,2}\cdot3^{0}\cdot0,16^{0,7}}=\frac{7\cdot2,05\cdot0,875}{1,9\cdot1\cdot0,277}=23,7 \text{ [m/min]}.$$

Din (1.3) se obțin turațiile:

pentru strunjirea la Ø 19

$$n_p=\frac{1\,000\cdot225}{\pi\,25}=2\,875 \text{ [rot/min]};$$

pentru strunjirea la Ø 13

$$n_p=\frac{1\,000\cdot225}{\pi\,19}=3\,775 \text{ [rot/min]};$$

pentru găurire

$$n_p=\frac{1\,000\cdot23,7}{\pi\,6}=1\,260 \text{ [rot/min]}.$$

Deoarece cele trei operații se execută în același timp se alege cea mai mică din turațiile calculate și anume $n=1\,260\ \frac{\text{rot}}{\text{min}}$.

Întrucît această turație nu se poate realiza la strungul SRO 25 se alege $n=1\,120$ rot/min rezultînd din (1.3) vitezele de așchiere efective:

pentru strunjirea la Ø 19

$$v_a=\frac{\pi 25\cdot 1\,120}{1\,000}88 \quad [\text{m/min}];$$

pentru strunjirea la Ø 13

$$v_a=\frac{\pi 19\cdot 1\,120}{1\,000}=66{,}8 \quad [\text{m/min}];$$

pentru găurire

$$v_a=\frac{\pi 6\cdot 1\,120}{1\,000}=21{,}2 \quad [\text{m/min}].$$

2. Să se verifice dacă strungul SRO 25 dezvoltă puterea necesară efectuării operațiilor din problema 1.

Rezolvare. Forțele de așchiere la strunjire se determină din (1.4)...(1.6) (vezi problema 3 § 1.1.3.1) și rezultă:

pentru strunjirea la Ø 19

$$\begin{cases} F_z=9{,}8\cdot 300\cdot 3\cdot 0{,}16^{0{,}75}\cdot 88^{-0{,}15}\cdot 0{,}92=1\,045 \text{ N};\\ F_y=9{,}8\cdot 243\cdot 3^{0{,}9}\cdot 0{,}16^{0{,}6}\cdot 88^{-0{,}3}\cdot 0{,}86=500 \text{ N};\\ F_x=9{,}8\cdot 339\cdot 3\cdot 0{,}16^{0{,}5}\cdot 88^{-0{,}4}\cdot 0{,}9=605 \text{ N}; \end{cases}$$

pentru strunjirea la Ø 13

$$\begin{cases} F_z=9{,}8\cdot 300\cdot 3\cdot 0{,}16^{0{,}75}\cdot 67^{-0{,}15}\cdot 0{,}92=1\,084 \text{ N};\\ F_y=9{,}8\cdot 243\cdot 3^{0{,}9}\cdot 0{,}16^{0{,}6}\cdot 67^{-0{,}3}\cdot 0{,}86=663 \text{ N};\\ F_x=9{,}8\cdot 339\cdot 3\cdot 0{,}16^{0{,}5}\cdot 67^{-0{,}4}\cdot 0{,}9=668 \text{ N}. \end{cases}$$

Momentul de răsucire și forța axială la găurire sînt date de (1.30) și (1.31) în care se înlocuiesc: $C_M=0{,}0345$; $z_M=2{,}0$;

$y_M=0{,}8$; $C_F=68$; $z_F=1{,}0$; $y_F=0{,}7$ (tabelul 1.27); $K_M=\left(\frac{58{,}8}{73{,}5}\right)^{0{,}75}=0{,}84$ (tabelul 1.28) și se obține;

$$M=9{,}8\cdot 0{,}0345\cdot 6^{2{,}0}\cdot 0{,}16^{0{,}8}\cdot 0{,}84=$$
$$=9{,}8\cdot 0{,}0345\cdot 36\cdot 0{,}232\cdot 0{,}84=2{,}36 \text{ Nm};$$

$$F_x=9{,}8\cdot 68\cdot 6\cdot 0{,}16^{0{,}7}\cdot 0{,}84=$$
$$=9{,}8\cdot 68\cdot 6\cdot 0{,}277\cdot 0{,}84=930 \text{ N}.$$

Din (1.10), (1.11) și (1.32) se determină P_a și P_s pentru fiecare operație și pentru $\eta_p=\eta_s\approx 0{,}7$ rezultă:

pentru strunjirea Ø 21

$$P_a=\frac{1\,045\cdot 88}{9{,}8\cdot 6\,120\cdot 0{,}7}=2{,}18 \text{ [kW]};$$

$$P_s=\frac{605\cdot 1\,120\cdot 0{,}16}{9{,}8\cdot 6{,}12\cdot 10^6\cdot 0{,}7}=0{,}0026 \text{ [kW]};$$

pentru strunjirea la Ø 18

$$P_a=\frac{1\,084\cdot 74}{9{,}8\cdot 6\,120\cdot 0{,}7}=1{,}41 \text{ [kW]};$$

$$P_s=\frac{668\cdot 1\,120\cdot 0{,}16}{9{,}8\cdot 6{,}12\cdot 10^6\cdot 0{,}7}=0{,}0028 \text{ [kW]};$$

pentru găurire

$$P_a=\frac{2{,}36\cdot 1\,120}{9{,}8\cdot 975\cdot 0{,}7}=0{,}39 \text{ [kW]};$$

$$P_s=\frac{930\cdot 1\,120\cdot 0{,}16}{9{,}8\cdot 6{,}12\cdot 10^6\cdot 0{,}7}=0{,}00395 \text{ [kW]};$$

Puterea totală necesară motorului electric este egală cu suma puterilor pentru cele trei operații, deci $P_t=3{,}98$ kW. Deoarece $P_t>3$ kW (puterea motorului electric de la strungul SRO 25) prelucrarea nu este posibilă cu regimul ales. Soluția cea mai simplă este să se aleagă o turație inferioară lui $n=1\,120$ rot/min și să se verifice din nou puterea necesară.

1.2.3.2. Cinematica strungului revolver SRO 25

1. Să se determine avansul longitudinal al strungului revolver cînd se folosesc roțile de schimb 21/84 și sînt cuplate *CE* 8 și *CE* 10.

Rezolvare. Pentru realizarea avansului longitudinal al saniei revolver se ia mișcarea de la arborele principal și se transmite prin intermediul cutiei de avansuri și a roților de schimb la roata ce angrenează cu cremaliera fixată de sania strungului revolver (fig. 1.11).

Urmărind lanțul cinematic pentru datele din problemă se poate scrie ecuația

$$s_l = 1 \cdot \frac{40}{40}\frac{30}{60}\frac{34}{48}\frac{41}{41}\frac{21}{84}\frac{35}{35}\frac{16}{30}\frac{15}{30}\frac{2}{74}\,\pi \cdot 2 \cdot 14 = 0{,}056 \text{ [mm/rot]}.$$

2. Să se determine avansul circular al cuțitului fixat în discul revolver, fiind cunoscute: roțile de schimb 52/52; *CE* 8 și *CE* 9 cuplate; vîrful cuțitului se găsește la 50 mm de centrul discului revolver.

Rezolvare. Din schema cinematică a strungului, la o rotație a arborelui principal pentru discul revolver se obține turația

$$n_{dr} = 1 \cdot \frac{40}{40}\frac{30}{60}\frac{34}{48}\frac{34}{48}\frac{52}{52}\frac{35}{35}\frac{16}{30}\frac{15}{30}\frac{20}{20}\frac{22}{22}\frac{18}{18}\frac{20}{24}\frac{33}{33}\frac{2}{80}\frac{17}{120} =$$

$$= 0{,}000207 \left[\frac{\text{rot}}{\text{min}}\right].$$

Avansul circular al cuțitului este dat de formula $s_c = n_{dr} 2\pi r$, în care r este distanța dintre vîrful cuțitului și centrul discului revolver.

Pentru $r = 50$ mm se obține

$$s_c = 0{,}000207 \cdot 2\pi 50 = 0{,}0625 \text{ [mm/rot]}.$$

1.3. STRUNGURI CARUSEL

Pe strungurile Carusel se pot executa operații de strunjire a suprafețelor cilindrice, conice, plane, găurire și alezare, precum și operații de filetare, la piese cu diametre mari dar de lungimi relativ mici.

Problemele din acest paragraf se referă la strungul carusel SC 2 000 a cărui schemă cinematică este dată în fig. 1.12.

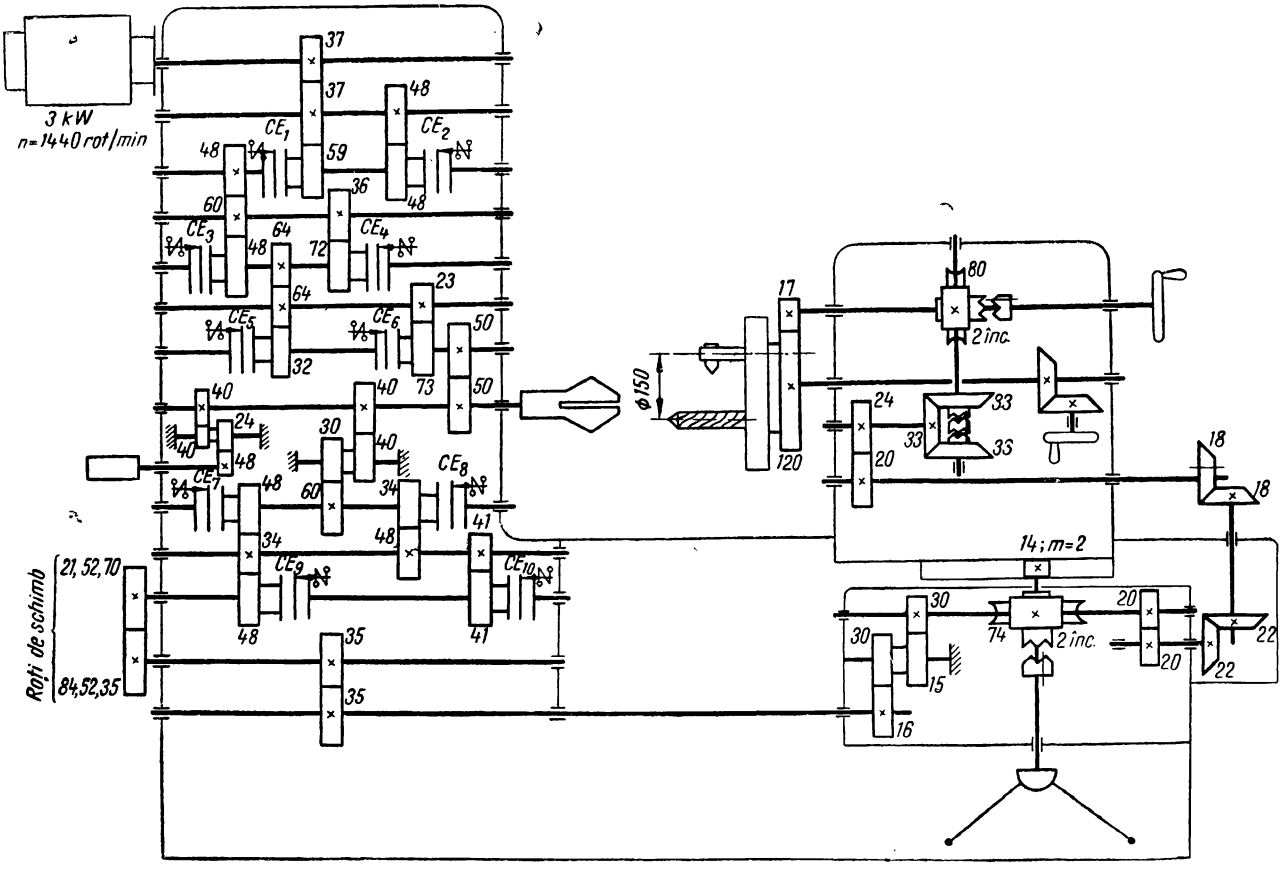


Fig. 1.11. Schema cinematică a strungului revolver SRO 25.

1.3.1. Notații folosite

s_v este avans vertical, mm/rot;
s_H — avans orizontal, mm/rot;
v_{sv} — viteza de avans în direcție verticală, $\frac{mm}{min}$;
v_{sH} — viteză de avans în direcție orizontală, $\frac{mm}{min}$;
β — unghiul de înclinare a suportului vertical, grad;
α — semiunghiul conului, grad;
p_v — pasul șurubului pentru avans vertical, mm;
p_H — pasul șurubului pentru avans orizontal, mm;

1.3.2. Formule de calcul

$$\beta=2\alpha-90^\circ$$

1.3.3. Probleme rezolvate

1. Să se determine valoarea avansurilor suportului vertical dreapta pentru poziția cuplată a cuplajelor *H, F, E, A, L* (fig. 1.12).

Rezolvare. Mișcarea de avans se ia de la planșaibă (fig. 1.12) și prin intermediul arborelui vertical *VII* și a unor cutii de avansuri identice se transmite la cele trei suporturi ale strungului.

Deoarece lanțurile cinematice de avans ale suportului vertical dreapta sînt comune pînă la arborele *XII*, cele două avansuri rezultă:

$$s_v=n_{XI}i_{cv}p_v=i_ci_ri_{cv}p_v\left[\frac{mm}{rot}\right];$$

$$s_H=n_{XI}i_{CH}p_v=i_ci_ri_{CH}p_H\left[\frac{mm}{rot}\right],$$

unde:

n_{XI} este numărul de rotații ale arborelui *XI* la o rotație a planșaibei;

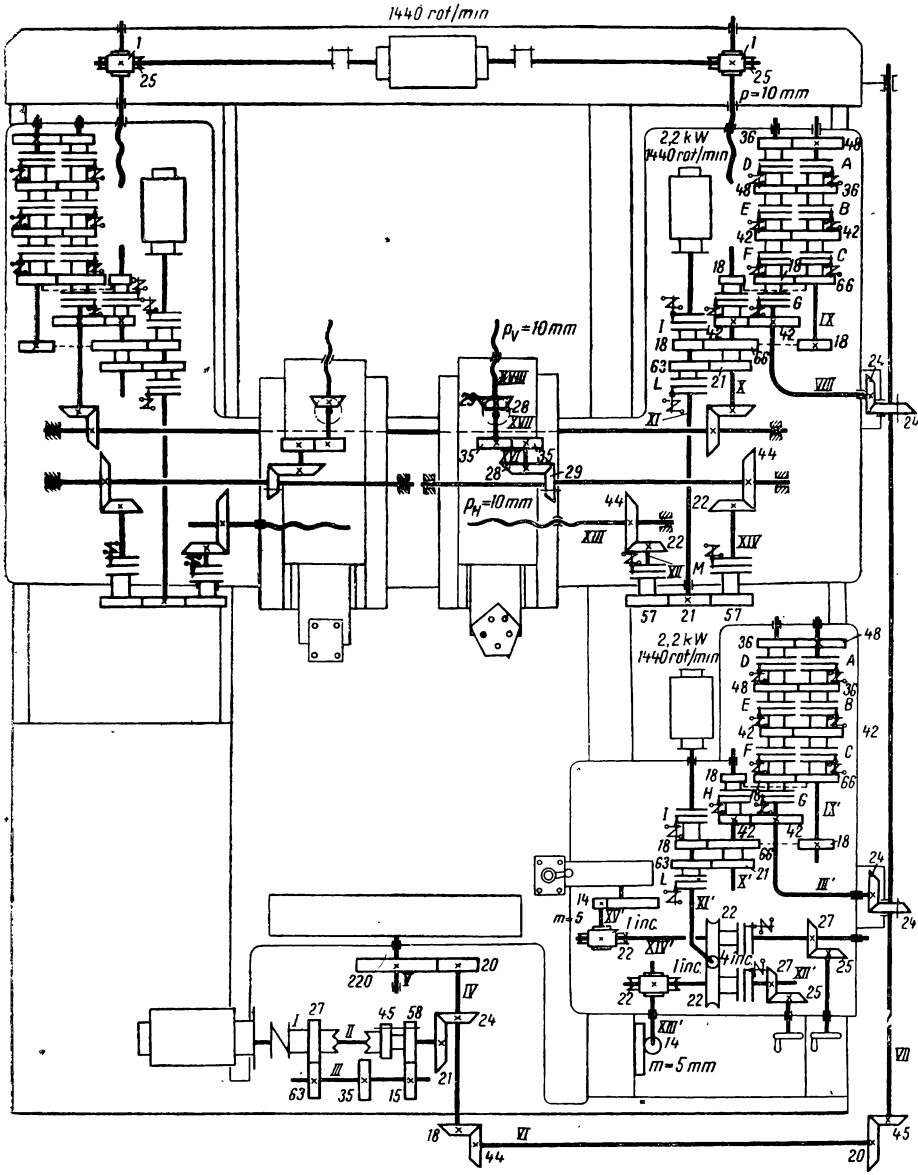


Fig. 1.12. Schema cinematică a strungului Carusel SC 2000

i_c este raportul de transmitere între planșaibă și arborele *VIII*

i_r — raportul de transmitere al cutiei de avansuri;

i_{CH} — raportul de transmitere între arborii *XI* și *XIII*;

i_{cv} — raportul de transmitere între arborii *XI* și *XVIII*.

Urmărind lanțurile cinematice (fig. 1.12) se obține:

$$i_c = \frac{220}{20}\frac{18}{44}\frac{20}{25}\frac{24}{24} = 2;$$

$$i_r = \frac{42}{42}\frac{18}{66}\frac{66}{18}\frac{48}{36}\frac{18}{66}\frac{21}{63} = \frac{4}{33};$$

$$i_{cv} = \frac{21}{57}\frac{22}{44}\frac{29}{28}\frac{35}{35}\frac{28}{29} = \frac{21}{57 \cdot 2};$$

$$i_{CH} = \frac{21}{57}\frac{22}{44} = \frac{21}{57 \cdot 2}.$$

Cu aceste valori ale rapoartelor de transmitere și $p_v = p_H = 10$ mm se obține

$$s_v = s_H = 2 \cdot \frac{4}{33}\frac{21}{57 \cdot 2} 10 = 0{,}45 \left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right].$$

2. Să se găsească valorile avansurilor suportului lateral pentru pozițiile cuplate ale cuplajelor *G*, *C*, *E*, *A*, *I* (fig. 1.12).

Rezolvare. Urmărind lanțurile cinematice pentru realizarea avansurilor în direcțiile verticală și orizontală (fig. 1.12) rezultă:

$$s_v = i_c i_r i_{vI} \pi d_v \left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right];$$

$$s_H = i_c i_r i_{VH} \pi d_H \left[\frac{\text{mm}}{\text{rot}}\right];$$

unde:

i_{vI} este raportul de transmitere între arborii *XI'* și *XV'*;

i_{VH} — raportul de transmitere între arborii *XI'* și *XIII'*;

d_v — diametrul de rulare al pinionului ce angrenează cu cremaliera pentru avans vertical, mm;

d_H — diametrul de rulare al pinionului ce angrenează cu cremaliera pentru avans orizontal, mm;

i_c, i_r — rapoarte de transmitere (vezi problema 1).

Rapoartele de transmitere sînt (fig. 1.12):

$$i_c=2 \text{ (vezi problema 1)}$$

$$i_r=\frac{18}{66}\frac{42}{42}\frac{48}{36}\frac{18}{66}\frac{66}{18}=\frac{4}{11}$$

$$i_{vl}=i_{VH}=\frac{4}{22}\frac{1}{22}.$$

Deoarece $d_v=d_H=5\cdot 14=70$ mm rezultă

$$s_v=s_H=2\,\frac{4}{11}\frac{4}{22}\frac{1}{22}\pi 70=1{,}2 \text{ [mm/rot]}.$$

3. Să se calculeze vitezele de deplasare rapidă pentru suporturile și traversa strungului SC 2 000.

Rezolvare. Deoarece $i_{cv}=i_{CH}$ (vezi problema 1) vitezele de deplasare rapidă pe verticală și pe orizontală ale suporturilor verticale sînt identice și au valoarea

$$v_{sH}=v_{sv}=1\,440\,i_{cv}p_v=1\,440\,\frac{21}{57\cdot 2}\,\frac{10}{1\,000}=2{,}650\ \left[\frac{\text{m}}{\text{min}}\right].$$

De asemenea sînt identice și vitezele de deplasare rapidă ale suportului lateral, deoarece $i_{vl}=i_{VH}$ (vezi problema 2) și au valoarea

$$v_{sH}=v_{sv}=1\,440\,i_{vl}\pi d_v=1\,440\,\frac{4}{22}\,\frac{1}{22}\,\frac{\pi 70}{1\,000}=2{,}650\ \left[\frac{\text{m}}{\text{min}}\right].$$

Viteza de deplasare a traversei este

$$v_{tr}=1\,440\,\frac{1}{25}\,\frac{10}{1\,000}=0{,}578\ \left[\frac{\text{m}}{\text{min}}\right].$$

4. Să se prelucreze pe strungul SC 2 000 o suprafață conică avînd $\alpha=60°$ (fig. 1.13).

Rezolvare. Pentru realizarea conului avînd $\alpha>\beta_{max}=35°$ este necesar ca, pe lîngă înclinare, suportul să aibă deplasări atît pe orizontală cît și după direcția ce face unghiul β cu verticala (fig. 1.13).

Unghiul β se determină din (1.33) și înlocuind rezultă

$$\beta=2\cdot 60°-90°=30°.$$

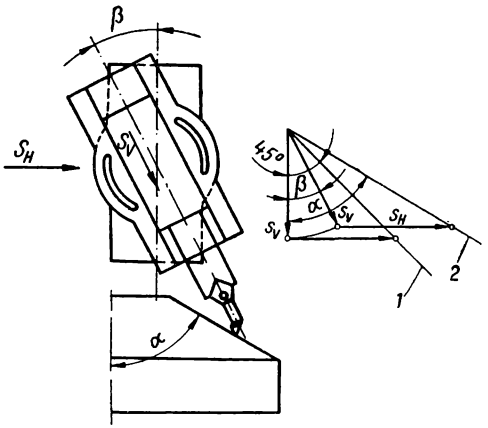


Fig. 1.13. Prelucrarea suprafeţelor conice avînd $\alpha > 45°$:

1 — direcţia de deplasare a cuţitului pentru $s_v = s_H$, $\beta = 0$; *2* — direcţia de deplasare a cuţitului pentru $s_v = s_H$, $\beta \neq 0$

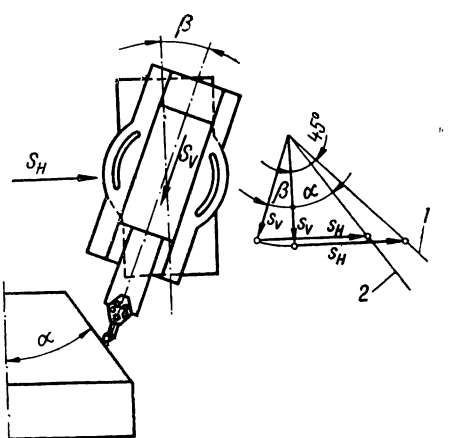


Fig. 1.14. Prelucrarea suprafeţelor conice avînd $35° < \alpha < 45°$:

1 — direcţia de deplasare a cuţitului pentru $s_v = s_H$, $\beta = 0$; *2* — direcţia de deplasare a cuţitului pentru $s_v = s_H$, $\beta \neq 0$

Prelucrarea suprafeței conice cu $\alpha=60°$ se obține prin înclinarea saniei suportului vertical cu unghiul $\beta=30°$ în sensul invers mișcării acelor de ceasornic (fig. 1.13) și cuplarea cuplajelor *M* și *N* (fig. 1.12).

5. Să se prelucreze pe strungul SC 2 000 suprafața conică cu $\alpha=42°$ (fig. 1.14).

Rezolvare. Din (1.33) se obține

$$\beta=84°-90°=-6°.$$

Suprafața conică cu $\alpha=42°$ se obține prin înclinarea saniei suportului cu $\beta=6°$ în direcția mișcării acelor de ceasornic (fig. 1.14) și transmiterea mișcării de avans la suport în ambele direcții (se cuplează cuplajele *M* și *N* (fig. 1.12)).

1.4. STRUNGURI AUTOMATE

Strungurile automate destinate prelucrării pieselor în serie și masă au întregul ciclu de lucru, inclusiv alimentarea și desprinderea pieselor, realizat pe calea automată fără intervenția muncitorului. Datorită acestui fapt strungurile automate au o productivitate foarte mare.

1.4.1. Notații folosite

D' este diametrul cercului pe care se găsesc vîrfurile cuțitelor în poziție retrasă, mm;
D_0 — diametrul la care se face strunjirea, mm;
D_r — diametrul piesei de retezat, mm;
b — lățimea cuțitului de retezat, mm;
L_s — cursa cuțitului la preretezare, mm;
L_r — cursa cuțitului la retezare, mm;
n_i — numărul de rotații ale arborelui principal pentru realizarea fazei i;
L_i — cursa la realizarea fazei i, mm;
s_i — avansul la realizarea fazei i, mm/rot;
n_i — numărul de rotații ale arborelui principal pentru realizarea fazelor de lucru la o piesă;

Q este productivitatea, buc/min;
β_l — unghiul de rotire a arborelui de comandă pentru executarea fazelor de lucru la o piesă, grade;
β_g — unghiul de rotire a arborelui de comandă pentru executarea fazelor de gol la o piesă, grade;
n_p — turația arborelui principal, rot/min;
m — numărul de faze;
n_g — numărul de rotații ale arborelui principal la realizarea fazelor de gol la o piesă;
n_t — numărul total de rotații ale arborelui principal pentru executarea unei piese;
n_a — turația arborelui de comandă, rot/min;
n_s — turația burghiului, rot/min;
n_{al} — turația de lucru a arborelui de comandă, rot/min;
n_{ag} — turația de gol a arborelui de comandă, rot/min.

1.4.2. Formule de calcul

$$L_s=\frac{D'-D_0}{2}\ [\text{mm}]; \tag{1.34}$$

$$l=b\ \text{ctg}\ \varkappa-0{,}5\ [\text{mm}]; \tag{1.35}$$

$$b=0{,}6\sqrt{D_r}\ [\text{mm}]; \tag{1.36}$$

$$L_r=\frac{D_0}{2}+l\ [\text{mm}]; \tag{1.37}$$

$$n_l=\frac{L_l}{s_l}\ [\text{rotații}]; \tag{1.38}$$

$$n_l=\sum_{i=1}^{i=m} n_l\ [\text{rotații}]; \tag{1.39}$$

$$Q=\frac{n_p}{n_l}\left(1-\frac{\beta_g}{360}\right)\left[\frac{\text{buc.}}{\text{min}}\right]; \tag{1.40}$$

$$n_g=\frac{\beta_g n_l}{360-\beta_g}\ [\text{rotații}]; \tag{1.41}$$

$$n_t=n_g+n_l\ [\text{rotații}]; \tag{1.42}$$

$$n_a = \frac{n_p}{n_t} \left[\frac{\text{rot}}{\text{min}}\right]; \tag{1.43}$$

$$T = \frac{\beta}{360\, n_a} \text{ [min]}. \tag{1.44}$$

1.4.3. Probleme rezolvate

1.4.3.1. Reglarea strungurilor automate

1. Să se determine productivitatea strungului automat monoax de profilat și strunjit longitudinal la prelucrarea din bară de oțel Ø 10 a piesei din fig. 1.15 fiind cunoscut: $\beta_g = 107°$; $n_p = 1\,606$ rot/min; $s = 0{,}07$ mm/rot pentru strunjirea la Ø 5; $s = 0{,}06$ mm/rot pentru strunjirea la Ø 8; $s = 0{,}04$ mm/rot la retezare.

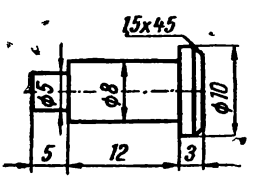


Fig. 1.15. Piesa de prelucrat

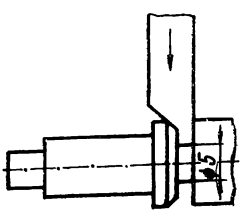


Fig. 1.16. Schema execută rii preretezării și teșirii 1,5×45°

Rezolvare. Strunjirile longitudinale la Ø 5 și Ø 8 se realizează prin rotirea barei în jurul axei proprii și avansarea sa odată cu arborele principal al mașinii. Pentru cele două strunjiri cuțitele au cursele: $L_1 = 5$ mm; $L_2 = 12$ mm.

Teșitura $1{,}5 \times 45°$ se realizează cu ajutorul unui cuțit care efectuează și o preretezare pînă la Ø 5 mm (fig. 1.16).

Din (1.34), pentru $D' = 11$ mm rezultă $L_s = L_3 = \frac{11-5}{2} = 3$ mm. Pentru $D_r = 10$ mm și cuțitul cu $\varkappa = 30°$ din (1.35) ... ... (1.37) se obține $L_r = L_4 = \frac{5}{2} + 0{,}6\sqrt{10}\,\text{tg}\,30° - 0{,}5 = 3{,}1$ mm.

Înlocuind cursele cuțitelor și avansurile pentru fiecare fază în (1.38) se obțin numerele de rotații pe faze:

$$n_1 = \frac{5}{0,07} = 71,43 \text{ rotații};$$

$$n_2 = \frac{12}{0,06} = 200 \text{ rotații};$$

$$n_3 = \frac{3}{0,04} = 75 \text{ rotații};$$

$$n_4 = \frac{3,1}{0,04} = 77,5 \text{ rotații}.$$

Din (1.39) rezultă

$$n_l = 71,43 + 200 + 75 + 77,5 = 423,93 \text{ rotații}.$$

Cu (1.40) se obține productivitatea

$$Q = \frac{1\,606}{423,93}\left(1 - \frac{107}{360}\right) = 2,65 \text{ [buc./min]}.$$

2. Să se determine roțile de schimb la strungul FT-28 Tobre a cărui schemă cinematică este dată în fig. 1.17, fiind cunoscut: $n_l = 500$ rotații; $\beta_g = 110°$; $n_p = 2\,800$ rot/min.

Rezolvare. Din (1.41) rezultă

$$n_g = \frac{110 \cdot 500}{360 - 110} = 220 \text{ rotații}.$$

Cu (1.42) și (1.43) se determină:

$$n_t = 500 + 220 = 720 \text{ rotații};$$

$$n_a = \frac{2\,800}{720} = 3,87 \text{ rot/min}.$$

Urmărind lanțul cinematic de la motor la arborele X (fig. 1.17) și considerînd coeficientul de alunecare al curelelor egal cu 0,98 se obține turația arborelui cu came

$$n_a = 1\,440 \cdot 0,98 \frac{4}{20} \frac{A_1}{B_1} \frac{C_1}{D_1} \frac{14}{35} \frac{1}{50} = 2,25 \frac{A_1}{B_1} \frac{C_1}{D_1}$$

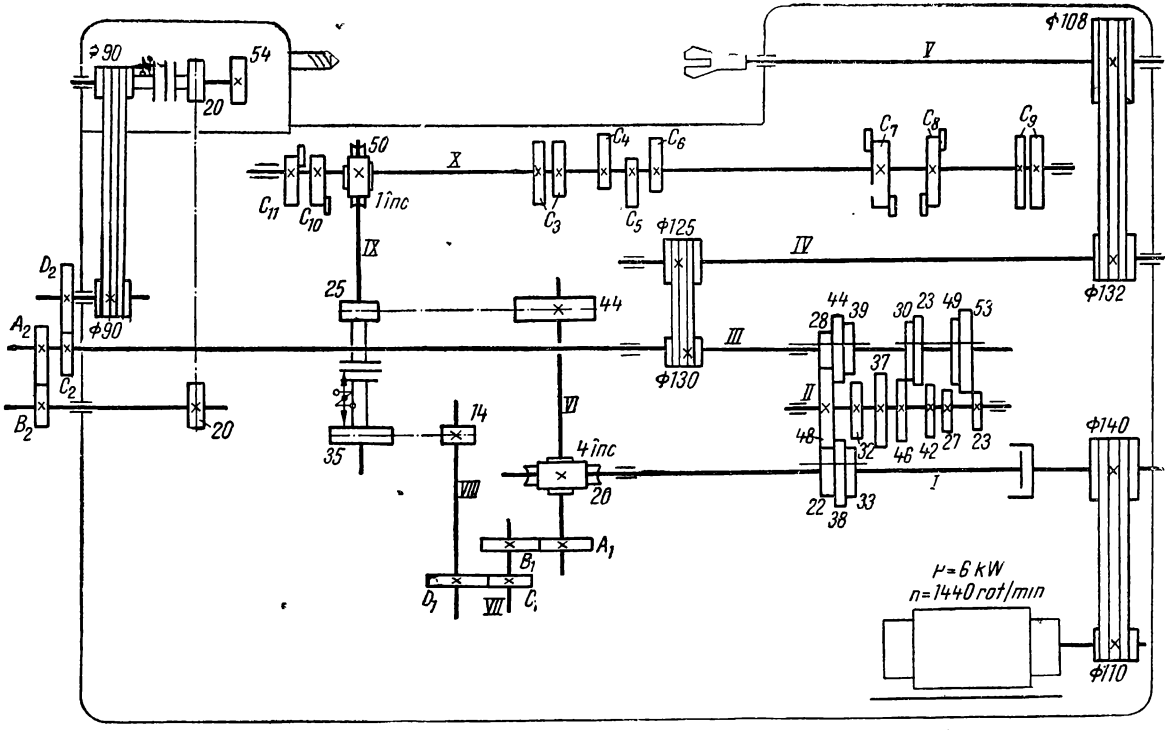


Fig. 1.17. Schema cinematică a strungului automat monoax FT-28 Tobre .

de unde $\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1}=0{,}445\ n_a$. Înlocuind $n_a=3{,}87$ rot/min se obține $\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1}=1{,}72$. Pentru reglarea turației arborelui de comandă strungul FT-28 posedă roți de schimb cu următoarele numere de dinți: 20; 22; 23; 24; 25; 28; 30; 34; 38; 40; 42; 48; 50; 52; 56; 60; 62; 65; 66; 67; 68; 70.

Considerînd $1{,}72=3\cdot 0{,}515$ cele două perechi de roți rezultă:

$$\frac{A_1}{B_1}=3=\frac{60}{20};\qquad \frac{C_1}{D_1}=0{,}515\approx\frac{34}{66}.$$

Angrenarea corectă a roților determinate, este posibilă întrucît condițiile (1.14) sînt îndeplinite.

3. Să se calculeze roțile de schimb utilizate în lanțul cinematic principal pentru a obține 460 rot/min la strungul multiax model 1A240-6 (fig. 1.18).

Rezolvare. Antrenarea arborilor principali se realizează prin următorul lanț cinematic: $M_1-\frac{230}{330}I-\frac{48}{57}II-\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1}III-\frac{48}{36}IV$. Urmărind acest lanț cinematic și considerînd coeficientul de alunecare al curelelor egal cu 0,98 se obține

$$n_p=1\,440\,\frac{230}{330}\cdot 0{,}98\cdot\frac{48}{58}\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1}\frac{48}{36}=130\,\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1}$$

de unde

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1}=0{,}0077\,n_p.$$

Setul de roți de schimb pentru lanțul cinematic principal este: 22; 22; 28; 32; 35; 37; 39; 45; 47; 49; 52; 56; 62; 62.

La determinarea roților de schimb, distanța dintre axe fiind fixă, trebuie respectate condițiile:

$$A_1+B_1=84$$
$$C_1+D_1=84.$$

Pentru $n_p=460$ rot/min se obține

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1}=0{,}0077\cdot 460=3{,}54.$$

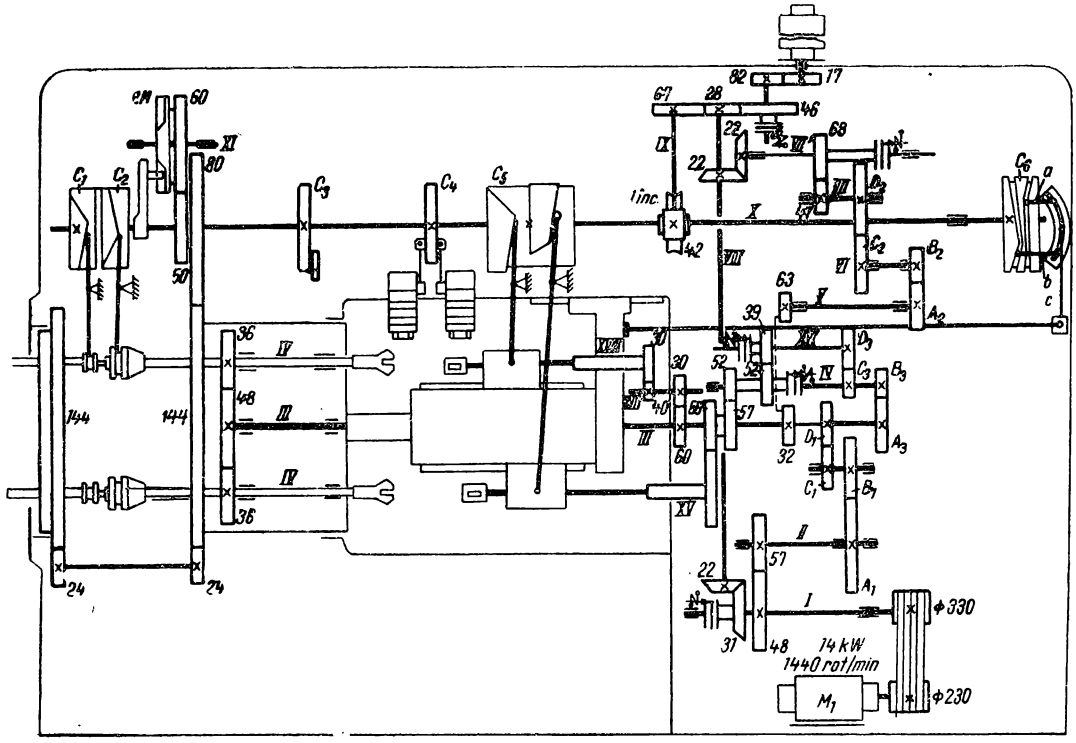


Fig. 1.18. Schema cinematică a strungului automat cu şase axe model 1A 240-6.

Utilizînd rigla de calcul după metodica indicată în [4] se găsește:

$$\frac{A_1}{B_1}=\frac{49}{39}\ ;\ \frac{C_1}{D_1}=\frac{62}{22}\cdot$$

Se observă că sînt îndeplinite condițiile (1.14) și deci montarea roților de schimb este posibilă.

4. Să se calculeze roțile de schimb pentru reglarea turației arborelui de comandă la strungul 1A240-6, fiind cunoscut: $\beta_l=158°$; $n_l=183$ rotații.

Rezolvare. Roțile dințate de schimb se găsesc din condiția ca la rotirea arborelui principal cu unghiul 360° n_l arborele de comandă trebuie să se rotească cu unghiul β_l.

Din lanțul cinematic $IV\ \frac{36}{48}\ III-\frac{32}{63}\ V-\frac{A_2}{B_2}\ \frac{C_2}{D_2}\ VII-\frac{47}{63}\ \frac{22}{22}\ VIII-\frac{28}{67}\ IX-\frac{1}{42}\ X$, care sincronizează mișcarea arborelui de comandă cu cea a arborelui principal, se poate scrie ecuația

$$\beta_l=n_l\,360°\frac{36}{48}\,\frac{32}{63}\,\frac{A_2}{B_2}\,\frac{C_2}{D_2}\,\frac{47}{63}\,\frac{22}{22}\,\frac{28}{67}\,\frac{1}{42}\ ,$$

de unde, după simplificare se obține

$$\frac{A_2}{B_2}\,\frac{C_2}{D_2}=0{,}97\,\frac{\beta_l}{n_l}\cdot$$

Înlocuind $\beta_l=158°$ și $n_l=183$ rotații rezultă $\frac{A_2}{B_2}\,\frac{C_2}{D_2}=0{,}97\,\frac{158}{183}=$ $=0{,}845$.

Setul de roți de schimb pentru reglarea lanțului cinematic al arborelui de comandă la strungul 1A240-6 este: 22; 26; 27; 30; 35; 40; 44; 49; 54; 57; 58; 62.

Roțile de schimb $\frac{A_2}{B_2}$ pot fi $\frac{27}{57}$ sau $\frac{57}{27}$, iar $C_2+D_2=84$. Alegînd $\frac{A_2}{B_2}=\frac{27}{57}$ rezultă

$$\frac{C_2}{D_2}=\frac{57}{27}\,0{,}845=1{,}781\approx\frac{54}{30}\cdot$$

5. Să se determine timpul în care arborele de comandă al strungului 1A240-6 execută o rotație completă, fiind cunoscute: $\frac{A_1}{B_1}\,\frac{C_1}{D_1}=\frac{49}{39}\,\frac{62}{22}$; $\frac{A_2}{B_2}\,\frac{C_2}{D_2}=\frac{27}{57}\,\frac{54}{30}$; $\beta_l=158°$.

Rezolvare. Durata unei rotații a arborelui de comandă, deci durata unui ciclu de prelucrare, depinde de turația și unghiul de rotire ale arborelui de comandă la fazele de lucru și de turația rapidă a acestuia.

Turația arborelui de comandă la fazele de lucru se realizează prin lanțul cinematic $M_1 - \frac{230}{330} I - \frac{48}{57} II - \frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} III - \frac{32}{63} V - \frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2} VII - \frac{47}{63}\frac{22}{22} VIII - \frac{68}{67} IX - \frac{1}{42} X$ (fig. 1.18).

Urmărind acest lanț cinematic se poate scrie ecuația

$$n_{al} = 1\,440 \frac{230}{330} 0{,}98 \frac{48}{57}\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1}\frac{32}{63}\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2}\frac{47}{63}\frac{22}{22}\frac{28}{67}\frac{1}{42}.$$

Înlocuind numerele de dinți pentru roțile de schimb și efectuînd calculele se obține $n_{al} = 1{,}1$ rot/min.

Din (1.44) înlocuind T cu T_l, β cu β_l și n_a cu n_{al} rezultă

$$T_l = \frac{158}{360 \cdot 1{,}1} = 0{,}4 \text{ min.}$$

Turația rapidă a arborelui de comandă se realizează prin lanțul cinematic $M_1 - \frac{230}{330} I - \frac{31}{22} VIII - \frac{28}{67} IX - \frac{1}{42} X$ (fig. 1.18).

Urmărind acest lanț cinematic se scrie ecuația

$$n_{ag} = 1\,440 \frac{230}{330} 0{,}98 \frac{31}{22}\frac{28}{67}\frac{1}{42} = 13{,}8 \text{ rot/min.}$$

Înlocuind în (1.44) T cu T_g, β cu $\beta_g = 360° - \beta_l = 202°$ și n_a cu n_{ag} se obține

$$T_g = \frac{202}{360 \cdot 13{,}8} = 0{,}045 \text{ min.}$$

Timpul total în care arborele de comandă efectuează o rotație este

$$T = T_l + T_g = 0{,}45 + 0{,}045 = 0{,}495 \text{ min.}$$

6. Să se calculeze roțile de schimb necesare la efectuarea operației de găurire pe strungul multiax model 1A 240-6. Între sculă și piesă există turația relativă $n_r = 825$ rot/min.

Rezolvare. Mișcarea de rotație pentru sculă, care se fixează în arborele *XVIII*, se ia de la arborele *III* (fig. 1.18).

Urmărind lanțul cinematic dintre arborele principal și arborele *XVIII* se deduce

$$n_s = n_p \frac{36}{48} \frac{60}{30} \frac{40}{30} = 2n_p.$$

Turația relativă dintre piesă și sculă este

$$n_r = n_s + n_p = 3n_p.$$

Înlocuind n_p funcție de numărul de dinți ai roților de schimb (vezi problema 3) se obține:

$$n_r = 3 \cdot 130 \frac{A_1}{B_1} \frac{C_1}{D_1}.$$

Pentru $n_r = 825$ rot/min,

$$\frac{A_1}{B_1} \frac{C_1}{D_1} = \frac{825}{390} \approx \frac{52}{32} \frac{49}{35}.$$

Condițiile (1.14) sînt îndeplinite deoarece $A_1 + B_1 = 84 > C_1 + 20 = 69$ și $C_1 + D_1 = 84 > B_1 + 20$.

Tabelul 1.1

Avansuri la strunjirea de finisare

Rugozitatea conform STAS 5730-64 (μm)	Materialul de prelucrat	Raza de rotunjire a vîrfului cuțitului r, mm			
		0,5	1,0	1,5	2,0
		Avansul s, mm/rot			
12,5	Oțel	0,40—0,55	0,55—0,65	0,65—0,70	0,65—0,70
	Fontă și aliaje din cupru	0,25—0,40	0,40—0,50	0,50	0,50
6,3	Oțel	0,20—0,30	0,30—0,45	0,35—0,50	0,35—0,50
	Fontă și aliaje din cupru	0,15—0,25	0,20—0,40	0,30—0,50	0,35—0,50
3,2	Oțel	0,11—0,18	0,14—0,24	0,16—0,28	0,18—0,32
	Fontă și aliaje din cupru	0,10—0,15	0,12—0,20	0,15—0,30	0,20—0,35

Tabelul 1.2

Avansuri la strunjirea exterioară de degresare

Diametrul piesei de prelucrat, mm	Dimensiunile corpului cuțitului, mm	Materialul de prelucrat									
		Oțel laminat și turnat					Fontă și aliaje de bronz				
		Avansul s, mm/rot, la adîncimea de așchiere t, mm									
		<3	3—5	5—8	8—12	>12	<3	3—5	5—8	8—12	>12
20	16×25 25×25	0,3—0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2—40	16×25 25×25	0,4—0,5	0,3—0,4	—	—	—	0,4—0,5	—	—	—	—
40—60	16×25 25×40	0,5—0,9	0,4—0,8	0,3—0,7	—	—	0,6—0,9	0,5—0,8	0,4—0,7	—	—
60—100	16×25 25×40	0,6—1,2	0,5—1,1	0,5—0,9	0,4—0,8	—	0,4—1,4	0,7—1,2	0,6—1,0	0,5—0,9	—
100—400	16×25 25×40	0,8—1,3	0,7—1,2	0,6—1,0	0,5—0,9	—	1,0—1,5	0,9—1,4	0,8—1,1	0,6—0,8	—
400—500	20×30 40×60	1,1—1,4	1,0—1,3	0,7—1,2	0,6—1,2	0,4—1,1	1,3—1,6	1,2—1,5	1,0—1,3	0,8—1,0	0,7—0,9

N o t ă : 1. Avansurile la limita inferioară se folosesc la materiale mai dure și cuțite cu dimensiuni transversale mai mici, iar cele la limita superioară la materiale mai moi și cuțite cu dimensiuni mai mari.

2. La prelucrarea suprafețelor discontinue și la prelucrarea cu șocuri valorile din tabel se înmulțesc cu 0,75... ... 0,85.

Tabelul 1.3

Valorile coeficientului din formula vitezei de aşchiere la strunjire

Materialul de prelucrat	Felul prelucrării	Materialul părţii tăietoare a cuţitului	Unghiul de atac secundar, grade	Avansul mm/rot.	Coeficienţi C_v	X_v	Y_v	m	Durabilitatea T, min	Răcirea
Oţel σ_r=73,5 dN/mm	Strunjire exterioară	T5K10	10	0,3 0,3+0,7 0,7	273 227 221	0,15	0,20 0,35 0,45	0,20	60	fără răcire
		Rp3	10	0,25 0,25	87,5 56	0,15	0,33 0,66	0,125	60	cu răcire
	Retezare	T5K10	—	—	47		0,80	0,20	60	fără răcire
		Rp3	—	—	23,7		0,66	0,25	60	cu răcire
Fontă cenuşie 190 *HB*	Strunjire longitudinală exterioară	VK6	10	0,4 0,4	292 243	0,15	0,20 0,40	0,20	60	fără răcire
		Rp3	10	0,25 0,25	37 37	0,15	0,30 0,40	0,1	60	
	Retezare	VK6	—		68,25		0,40	0,20	60	fără răcire
		Rp3	—		22,5		0,40	0,15	60	
Aliaje de cupru heterogene cu duritate medie (100...140) *HB*	Strunjire exterioară	Rp 3	10	0,2 0,2	238 161	0,12	0,25 0,50	0,25	60	fără răcire

N o t ă : 1. La prelucrarea pieselor din oţel cu cuţite din Rp3, fără răcire se multiplică viteza de aşchiere cu coeficientul 0,8.

2. Pentru operaţii de retezare la piese din oţel cu cuţite armate cu plăcuţe T5K10 cu răcire, se multiplică viteza de aşchiere cu coeficientul 1,4.

Tabelul 1.4

Valorile coeficientului K_T

Durabilitatea T min	25	30	45	60	90	120
Coeficientul K_T	1,18	1,15	1,06	1,0	0,92	0,87

Tabelul 1.5

Valorile coeficientului K_m

Grupa	Formula de calcul	C_m	n
Oţel carbon ($C \leqslant 0{,}6\%$)	$K_m = C_m \left(\frac{73{,}5}{\sigma_r}\right)^n$	1,00	1,75
Oţel nichel		1,00	1,75
Oţel crom-nichel		0,9	1,5
Oţel carbon ($C > 0{,}6\%$), oţel crom oţel crom-nichel-wolfram		0,8	1,75
Oţel rapid de scule		0,6	0,25
Aluminiu $\sigma_r = 6{,}8 \ldots 15{,}7$ dN/mm² $\sigma_r = 16{,}6 \ldots 19{,}6$ dN/mm²		6 5	0 0
Duraluminiu $\sigma_r = 19{,}6 \ldots 29{,}4$ dN/mm² $\sigma_r = 30{,}4 \ldots 39{,}2$ dN/mm² $\sigma_r = 40{,}2 \ldots 49$ dN/mm²		6 5 4	0 0 0
Fontă cenuşie	$K_M = \left(\frac{190}{HB}\right)^{1{,}25}$	Cuţite cu plăcuţe din carburi metalice	
	$K_M = \left(\frac{190}{HB}\right)^{1{,}7}$	Cuţite din oţel rapid	

Tabelul 1.6

Valorile coeficientului $K_\varkappa$

$K_\varkappa$ pentru	$\varkappa$, grade / Materialul de prelucrat	10	20	30	45	60	90
Cutie armate cu plăcuțe din carburi metalice	Oțel	1,55	1,3	1,13	1,0	0,92	0,81
	Fontă	1,68	1,4	1,2	1,0	0,88	0,73
Cuțite din oțel rapid	Oțel	—	—	1,26	1,0	0,84	0,66
	Fontă			1,20	1,0	0,88	0.73

Tabelul 1.7

Valorile coeficientului $K_{\varkappa_1}$

$\varkappa_1$	5	10	15	20	24	45
$K_{\varkappa_1}$	0,97	1,0	0,97	0,94	0,91	0,87

Tabelul 1.8

Valorile coeficientului K_h

Uzura h, mm	0,0—1	1,5—2
K_h	1	1,33

Tabelul 1.9

Valorile coeficientului K_0

Felul strunjirii	K_0
Longitudinală	1,0
Longitudinală interioară $d<75$ mm	0,8
Longitudinală interioară $d=75—150$ mm	0,9
Longitudinală interioară $d=150—250$ mm	0,95
Longitudinală interioară $d>250$ mm	1,00

Tabelul 1.9 (continuare)

Felul strungirii	K_0
Frontală $\frac{d}{D_0}=0—0,4$	1,25
Frontală $\frac{d}{D_0}=0,5—0,7$	1,20
Frontală $\frac{d}{D_0}=0,8—1,0$	1,05
Canale circulare $\frac{d}{D_0}=0,5—0,7$	0,96
Canale circulare $\frac{d}{D_0}=0,8—0,95$	0,84

Tabelul 1.10

Valorile coeficientului K_r

r, mm	1	2	3	5
K_r	0,94	1,0	1,03	1,13

Tabelul 1.11

Valorile coeficientului K_m

Materialul părții așchietoare a cuțitului	Materialul de prelucrat	Valoarea coeficientului K_m pentru marca materialului părții așchietoare				
Carburi metalice	oțel	T5K10	T14K8	T15K6	T15K6T	T30K4
		1,0	1,23	1,54	1,77	2,15
	Fontă cenușie	VK8	VK6	VK3	VK2	—
		0,83	1,0	1,15	1,25	—
Oțel rapid	Oțel și fontă	Rp 3	Rp 4	—	—	—
		1,0	1,0	—	—	—

Tabelul 1.12.

Valorile coeficienților din formula forțelor de așchiere

Materialul de prelucrat	Felul prelucrării	Materialul părții tăietoare a sculei	Unghiul de atac secundar, grade	Valorile coeficienților din relațiile ce dau forțele de așchiere											
				C_{Fz}	x_{Fz}	y_{Fz}	n_z	C_{Fy}	x_{Fy}	y_{Fy}	n_y	C_{Fx}	x_{Fx}	y_{Fx}	n_x
Oțel σ_r=73,5 dN/mm²	Strunjire longitudinală exterioară	Carbură metalică	10	300	1,0	0,75	—0,15	243	0,9	0,6	—0,3	339	1,0	0,5	—0,4
			0	384	0,9	0,9	—0,15	355	0,6	0,8	—0,3	241	1,05	0,2	—0,4
		Oțel rapid	10	200	1,0	0,75	0	125	0,9	0,75	0	67	1,2	0,65	0
		Material ceramic	10	267	0,95	0,75	—0,15	108	0,7	0,45	—0,18	78	0,9	0,35	—0,22
	Retezare și canelare	Carbură metalică	—	408	0,72	0,8	0	173	0,73	0,67	0	—	—	—	—
		Oțel rapid	—	247	1,0	1,0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
Fontă cenușie *HB* 190	Strunjire longitudinală exterioară	Carbură metalică	10	92	1,0	0,75	0	54	0,9	0,75	0	46	1,0	0,4	0
		Oțel rapid	10	114	1,0	0,75	0	119	0,9	0,75	0	51	1,2	0,65	0
		Material ceramic	10	104	0,9	0,65	0	71	0,7	0,35	0	41	1,0	0,35	0
	Retezare și canelare	Oțel rapid	—	158	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelul 1.

Coeficienți de corectare a forțelor de așchiere funcție de materialul prelucrat

Materialul prelucrat		Formula de calcul	Materialul părții așchietoare					
			Carbură metalică			Oțel rapid		
			m_z	m_y	m_x	m_z	m_y	m_x
Oțel	$\sigma_r \leqslant 58{,}8$ dN/mm²	$K_{mz}=\left(\frac{\sigma_r}{73{,}5}\right)^{m_z}$ $K_{my}=\left(\frac{\sigma_r}{73{,}5}\right)^{m_y}$	0,75	1,35	1,0	0,35	2,0	1,5
	$\sigma_r > 58{,}8$ dN/mm²	$K_{mx}=\left(\frac{\sigma_r}{73{,}5}\right)^{m_x}$	0,75	1,35	1,0	0,75	2,0	1,5
Fontă cenușie		$K_{mz}=\left(\frac{HB}{190}\right)^{m_z}$ $K_{my}=\left(\frac{HB}{190}\right)^{m_y}$ $K_{mx}=\left(\frac{HB}{190}\right)^{m_x}$	0,4	1,0	0,8	0,55	1,0	1,1

Tabelul 1.14

Coeficientul de corectare a forțelor de așchiere

Coeficient de corectare	Materialul părții așchietoare a sculei									
	Carbură metalică					Oțel rapid				
	Unghiul de atac principal $\varkappa$, grade									
	30	45	60	75	90	30	45	60	75	90
$K_{\varkappa z}$	1,08	1,00	0,94	0,92	0,89	1,08	1,00	0,98	1,03	1,08
$K_{\varkappa y}$	1,30	1,00	0,77	0,62	0,50	1,63	1,00	0,71	0,54	0,44
$K_{\varkappa x}$	0,78	1,00	1,11	1,13	1,17	0,70	1,00	1,27	1,51	1,82
	Unghiul de înclinare al tăișului λ, grade									
	—5	0	+5	+10	+15	—	—	—	—	—
$K_{\lambda z}$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	—	—	—	—	—
$K_{\lambda y}$	0,75	1,00	1,25	1,50	1,70	—	—	—	—	—
$K_{\lambda x}$	1,07	1,00	0,85	0,75	0,65	—	—	—	—	—
	Raza de rotunjire la vîrf r, mm									
	—	—	—	—	—	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0
K_{rz}	—	—	—	—	—	0,87	0,93	1,00	1,04	1,10
K_{ry}	—	—	—	—	—	0,66	0,82	1,00	1,14	1,83

Tabelul 1.15

Caracteristicile mecanice ale oțelurilor și fontelor

Oțeluri			Fonte		
Denumirea	Marca	Rezistența la rupere σ_r, dN/mm²	Denumirea	Marca	Duritatea Brinell, *HB*
Oțel obișnuit prelucrat la cald	OL 00	min 31,36	Fontă cenușie	Fc 10	153—229
	OL 32	31,36—39,2		Fc 15	170—229
	OL 34	33,2—41,16		Fc 20	170—241
	OL 38	37,24—46,06		Fc 25	170—241
	OL 42	41,16—50,96		Fc 30	192—241
	OL 50	49,0 —60,76		Fc 35	207—269
	OL 60	58,8 —70,56			
	OL 70	min 68,6	Fontă maleabilă albă	Fm 42 a	240
				Fm 35 a	240
Oțel carbon de calitate	OLC 25	45,08			
	OLC 35	50,96			
	OLC 45	60,76			
	OLC 60	70,56			
Oțel turnat	OT 40	39,2			
	OT 45	44,1			
	OT 50	49,0			
	OT 55	53,9			
	OT 60	58,8			

Tabelul 1.16

Valori pentru funcția $y=a^x$

x	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,33	0,35	0,40	0,45	0,47	0,50	0,56	0,60	0,62	0,65
a	a^x														
0,001	0,501	0,354	0,251	0,178	0,126	0,102	0,089	0,063	0,0441	0,038	0,031	0,0224	0,016	0,014	0,0112
0,0015	0,522	0,377	0,272	0,197	0,142	0,117	0,102	0,074	0,0537	0,0468	0,038	0,0278	0,020	0,017	0,0130
0,02	0,537	0,394	0,288	0,211	0,156	0,129	0,125	0,083	0,061	0,054	0,048	0,033	0,024	0,021	0,0178
0,003	0,559	0,418	0,313	0,233	0,175	0,147	0,131	0,096	0,0735	0,0654	0,054	0,0407	0,030	0,027	0,023
0,004	0,578	0,437	0,331	0,250	0,191	0,162	0,145	0,110	0,084	0,0725	0,064	0,0488	0,036	0,033	0,0276
0,005	0,589	0,451	0,346	0,266	0,204	0,174	0,155	0,120	0,0921	0,0828	0,070	0,054	0,041	0,037	0,032
0,006	0,600	0,467	0,359	0,279	0,215	0,185	0,168	0,129	0,100	0,091	0,077	0,0603	0,046	0,043	0,0363
0,007	0,609	0,475	0,371	0,291	0,266	0,193	0,176	0,137	0,108	0,097	0,083	0,063	0,051	0,046	0,040
0,008	0,617	0,485	0,381	0,300	0,235	0,203	0,184	0,145	0,114	0,103	0,089	0,0704	0,055	0,050	0,043
0,009	0,624	0,493	0,390	0,309	0,243	0,211	0,192	0,152	0,120	0,109	0,095	0,075	0,059	0,054	0,047
0,010	0,631	0,501	0,398	0,317	0,251	0,219	0,200	0,158	0,126	0,115	0,100	0,0794	0,063	0,057	0,05
0,015	0,657	0,533	0,432	0,350	0,284	0,250	0,230	0,166	0,1575	0,139	0,122	0,100	0,080	0,074	0,065
0,02	0,676	0,556	0,457	0,376	0,309	0,276	0,255	0,209	0,1725	0,1592	0,141	0,1164	0,090	0,088	0,078
0,03	0,704	0,591	0,496	0,420	0,354	0,319	0,296	0,240	0,208	0,195	0,173	0,148	0,122	0,113	0,102
0,04	0,725	0,619	0,525	0,449	0,381	0,346	0,324	0,276	0,235	0,222	0,200	0,171	0,145	0,136	0,123
0,05	0,741	0,638	0,549	0,472	0,407	0,372	0,350	0,308	0,260	0,244	0,223	0,1925	0,165	0,156	,143
0,06	0,755	0,656	0,570	0,495	0,430	0,394	0,374	0,325	0,288	0,266	0,253	0,212	0,191	0,181	0,161

0,07	0,770	0,670	0,588	0,516	0,450	0,415	0,394	0,346	0,302	0,286	0,265	0,232	0,203	0,192	0,172
0,08	0,777	0,685	0,603	0,544	0,469	0,446	0,425	0,364	0,334	0,316	0,282	0,260	0,219	0,208	0,194
0,09	0,786	0,697	0,618	0,550	0,486	0,452	0,432	0,382	0,338	0,320	0,300	0,266	0,230	0,224	0,209
0,10	0,794	0,708	0,631	0,562	0,501	0,468	0,446	0,398	0,355	0,340	0,316	0,282	0,231	0,239	0,224
0,12	0,809	0,721	0,654	0,588	0,529	0,488	0,476	0,428	0,385	0,365	0,344	0,312	0,280	0,268	0,252
0,15	0,827	0,752	0,685	0,662	0,566	0,535	0,516	0,470	0,425	0,410	0,387	0,352	0,320	0,308	0,291
0,18	0,842	0,773	0,709	0,650	0,598	0,568	0,550	0,503	0,456	0,440	0,424	0,389	0,357	0,345	0,326
0,20	0,851	0,785	0,725	0,671	0,614	0,590	0,572	0,525	0,485	0,47	0,441	0,414	0,380	0,368	0,351
0,25	0,870	0,812	0,758	0,706	0,659	0,634	0,614	0,574	0,538	0,522	0,500	0,467	0,435	0,423	0,405
0,30	0,887	0,835	0,786	0,740	0,697	0,673	0,656	0,617	0,582	0,568	0,547	0,517	0,485	0,474	0,458
0,35	0,900	0,854	0,810	0,770	0,730	0,706	0,690	0,657	0,625	0,610	0,591	0,586	0,535	0,521	0,506
0,40	0,912	0,872	0,832	0,803	0,760	0,741	0,725	0,693	0,662	0,650	0,632	0,604	0,577	0,566	0,552
0,45	0,924	0,887	0,852	0,820	0,787	0,778	0,757	0,725	0,700	0,688	0,671	0,643	0,625	0,610	0,595
0,50	0,933	0,901	0,870	0,840	0,812	0,795	0,785	0,757	0,730	0,720	0,707	0,68	0,659	0,650	0,637
0,55	0,944	0,915	0,887	0,862	0,835	0,820	0,813	0,768	0,770	0,755	0,724	0,70	0,700	0,690	0,676
0,60	0,950	0,926	0,903	0,882	0,858	0,830	0,838	0,815	0,795	0,785	0,774	0,755	0,736	0,728	0,718
0,65	0,960	0,936	0,917	0,898	0,878	0,867	0,860	0,840	0,823	0,814	0,807	0,780	0,770	0,768	0,757
0,70	0,965	0,948	0,931	0,915	0,898	0,894	0,880	0,868	0,850	0,846	0,836	0,820	0,807	0,801	0,792
0,75	0,972	0,958	0,944	0,930	0,917	0,910	0,905	0,893	0,878	0,853	0,865	0,850	0,840	0,836	0,830
0,80	0,978	0,967	0,956	0,944	0,935	0,930	0,925	0,914	0,906	0,901	0,894	0,885	0,874	0,87	0,865
0,90	0,989	0,984	0,979	0,975	0,969	0,965	0,960	0,958	0,955	0,952	0,948	0,944	0,938	0,936	0,935
0,95	0,994	0,990	0,988	0,988	0,986	0,984	0,982	0,980	0,978	0,976	0,974	0,972	0,970	0,988	0,960

Tabelul 1.16 (continuare)

x	0,10	0,125	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18	0,20	0,25	0,30	0,35	0,38	0,40	0,45	0,50
a	a^x														
1,25	1,02	1,03	1,03	1,032	1,04	0,14	1,042	1,045	1,058	1,07	1,08	1,082	1,09	1,10	1,12
1,5	1,04	1,05	0,154	1,058	1,063	1,072	1,075	1,09	1,107	1,13	1,14	1,162	1,18	1,20	1,23
1,75	1,05	1,07	1,072	1,08	1,09	1,10	1,14	1,12	1,15	1,18	1,205	1,216	1,25	1,28	1,32
2	1,072	1,09	1,094	1,100	1,11	1,125	1,132	1,15	1,19	1,23	1,26	1,272	1,32	1,37	1,41
2,5	1,097	1,120	1,124	1,136	1,15	1,167	1,180	1,20	1,26	1,31	1,35	1,378	1,44	1,51	1,58
3	1,120	1,15	1,152	1,165	1,18	1,205	1,22	1,25	1,32	1,39	1,44	1,47	1,55	1,64	1,73
4	1,115	1,19	1,120	1,214	1,23	1,265	1,284	1,32	1,41	1,52	1,58	1,635	1,74	1,86	2,00
5	1,175	1,22	1,232	1,253	1,27	1,315	1,338	1,38	1,50	1,62	1,70	1,752	1,90	2,09	2,24
6	1,20	1,25	1,26	1,285	1,31	1,356	1,38	1,43	1,57	1,71	1,80	1,87	2,05	2,24	2,50
7	1,21	1,28	1,29	1,31	1,34	1,39	1,42	1,48	1,63	1,79	1,90	1,98	2,18	2,39	2,65
8	1,23	1,30	1,31	1,338	1,37	1,424	1,454	1,52	1,68	1,87	1,98	2,07	2,30	2,54	2,83
9	1,25	1,32	1,33	1,36	1,39	1,45	1,482	1,55	1,73	1,93	2,06	2,16	2,41	2,68	3,00
10	1,26	1,33	1,35	1,38	1,41	1,479	1,512	1,59	1,78	2,00	2,14	2,24	2,51	2,82	3,16
12	1,28	1,36	1,38	1,416	1,49	1,526	1,526	1,64	1,86	2,12	2,26	2,39	2,70	3,06	3,46
14	1,302	1,39	1,41	1,446	1,486	1,566	1,61	1,695	1,934	2,207	2,38	2,52	2,87	3,270	3,740
16	1,320	1,41	1,435	1,474	1,506	1,606	1,648	1,741	2,000	2,297	2,485	2,64	3,04	3,470	4,000
18	1,340	1,435	1,458	1,499	1,540	1,652	1,68	1,783	2,060	2,380	2,590	2,76	3,18	3,650	4,270

20	1,350	1,45	1,475	1,522	1,567	1,664	1,715	1,821	2,115	2,456	2,680	2,86	3,32	3,850	4,490
22	1,362	1,47	1,495	1,540	1,590	1,690	1,745	1,856	2,160	2,520	2,780	2,95	3,45	4,020	4,690
25	1,380	1,50	1,52	1,569	1,721	1,728	1,785	1,904	2,236	2,627	2,900	3,09	3,63	4,260	5,000
30	1,405	1,53	1,558	1,610	1,665	1,785	1,849	1,974	2,340	2,774	3,070	3,28	3,89	4,620	5,480
40	1,450	1,59	1,612	1,676	1,740	1,872	1,94	2,091	2,515	3,024	3,380	3,64	4,37	5,250	6,320
50	1,479	1,63	1,67	1,729	1,798	1,945	2,02	2,187	2,659	3,234	3,630	3,94	4,78	5,550	7,070
60	1,505	1,65	1,70	1,774	1,848	2,006	2,09	2,268	2,783	3,415	3,850	4,20	5,14	6,300	7,750
70	1,529	1,71	1,74	1,810	1,890	2,060	2,142	2,339	2,890	3,570	4,060	4,42	5,50	7,786	8,370
80	1,550	1,74	1,77	1,847	1,930	2,106	2,20	2,402	2,991	3,723	4,250	4,64	5,78	7,180	8,940
90	1,568	1,76	1,795	1,878	1,964	2,149	2,242	2,460	3,080	3,857	4,400	4,84	6,05	7,600	9,490
100	1,585	1,78	1,82	1,906	1,996	2,188	2,29	2,512	3,162	3,981	4,550	5,01	6,31	7,940	10,000
110	1,600	1,82	1,84	1,936	2,024	2,224	2,33	2,560	3,239	4,097	4,622	5,19	6,56	8,200	10,50
120	1,614	1,62	1,86	1,950	2,050	2,250	2,362	2,600	3,310	4,2	4,850	5,35	6,80	8,600	10,95
130	1,627	1,835	1,88	1,977	2,075	2,228	2,40	2,640	3,377	4,308	4,980	5,50	7,00	8,950	11,50
150	1,650	1,87	1,915	2,017	2,120	2,304	2,46	2,720	3,499	4,496	5,220	5,75	7,42	9,530	12,25
175	1,675	1,91	1,96	2,061	2,170	2,406	2,54	2,800	3,637	4,709	5,500	6,12	7,95	10,20	13,23
200	1,700	1,94	1,98	2,100	2,214	2,461	2,60	2,890	3,761	4,901	5,800	6,40	8,35	10,85	14,14
225	1,718	1,966	2,02	2,131	2,244	2,507	2,655	2,945	3,882	5,018	6,000	6,65	8,70	11,54	14,96
250	1,735	1,98	2,05	2,166	2,289	2,558	2,70	3,010	3,976	5,241	6,200	6,92	9,12	12,00	15,81
300	1,768	2,04	2,10	2,222	2,353	2,640	2,782	3,130	4,162	5,535	6,600	7,33	9,78	13,02	17,32
350	1,780	2,08	2,14	2,271	2,408	2,707	2,87	3,220	4,325	5,798	6,900	7,80	10,48	13,96	18,63
400	1,820	2,012	2,18	2,314	2,456	2,769	2,85	3,310	4,472	6,034	7,200	8,13	10,98	14,82	20,00

Tabelul 1.16 (continuare)

x	0,66	0,70	0,72	0,74	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,10	1,20	1,25	1,30	1,35
a	a^x														
0,001	0,010	0,008	0,007	0,006	0,0056	0,003	0,003	0,002	0,0015	0,001	—	—	—	—	—
0,0015	0,012	0,010	0,009	0,008	0,0076	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001	—	—	—	—	—
0,002	0,016	0,013	0,011	0,010	0,0095	0,007	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001	—	—	—	—
0,003	0,019	0,017	0,015	0,013	0,0129	0,009	0,007	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001	—	—	—
0,004	0,026	0,021	0,019	0,017	0,0159	0,012	0,009	0,007	0,005	0,004	0,003	0,001	0,001	—	—
0,005	0,030	0,024	0,022	0,020	0,0187	0,014	0,010	0,008	0,007	0,005	0,003	0,002	0,001	0,001	—
0,006	0,034	0,028	0,025	0,022	0,0219	0,016	0,012	0,010	0,008	0,006	0,004	0,002	0,002	0,001	0,001
0,007	0,038	0,031	0,028	0,025	0,0246	0,018	0,014	0,011	0,009	0,007	0,004	0,003	0,002	0,002	0,001
0,008	0,041	0,034	0,031	0,028	0,0269	0,021	0,016	0,013	0,010	0,008	0,005	0,003	0,003	0,003	0,001
0,009	0,043	0,037	0,033	0,030	0,0292	0,023	0,017	0,014	0,011	0,009	0,006	0,003	0,003	0,002	0,002
0,010	0,048	0,040	0,036	0,033	0,0316	0,025	0,020	0,016	0,012	0,010	0,006	0,004	0,003	0,002	0,002
0,015	0,062	0,053	0,048	0,045	0,0427	0,039	0,027	0,023	0,018	0,015	0,010	0,006	0,005	0,004	0,003
0,020	0,075	0,064	0,059	0,055	0,053	0,043	0,036	0,030	0,024	0,020	0,013	0,009	0,007	0,006	0,005
0,030	0,098	0,085	0,080	0,074	0,072	0,060	0,051	0,043	0,035	0,030	0,021	0,015	0,012	0,010	0,009
0,040	0,119	0,105	0,098	0,092	0,089	0,076	0,065	0,055	0,047	0,040	0,029	0,021	0,018	0,015	0,010
0,050	0,138	0,122	0,155	0,108	0,105	0,091	0,078	0,068	0,058	0,050	0,037	0,028	0,024	0,020	0,017
0,060	0,152	0,144	0,136	0,129	0,121	0,109	0,092	0,079	0,069	0,060	0,045	0,034	0,030	0,026	0,022

0,070	0,180	0,155	0,147	0,140	0,136	0,119	0,105	0,0912	0,080	0,070	0,0538	0,0407	0,036	0,031	0,0278
0,080	0,188	0,170	0,162	0,154	0,151	0,132	0,117	0,103	0,091	0,080	0,062	0,048	0,041	0,037	0,035
0,090	0,204	0,185	0,177	0,168	0,164	0,146	0,121	0,1145	0,101	0,090	0,072	0,056	0,049	0,049	0,038
0,100	0,218	0,199	0,190	0,182	0,178	0,158	0,141	0,126	0,112	0,100	0,079	0,063	0,056	0,050	0,045
0,12	0,246	0,226	0,217	0,208	0,204	0,183	0,161	0,148	0,134	0,120	0,097	0,078	0,070	0,064	0,067
0,15	0,285	0,265	0,255	0,245	0,241	0,219	0,200	0,181	0,164	0,150	0,127	0,103	0,093	0,085	0,077
0,18	0,322	0,301	0,290	0,282	0,276	0,253	0,228	0,213	0,195	0,180	0,151	0,127	0,117	0,107	0,098
0,20	0,345	0,324	0,313	0,303	0,299	0,276	0,235	0,234	0,216	0,200	0,170	0,145	0,133	0,128	0,113
0,25	0,400	0,378	0,368	0,358	0,354	0,329	0,309	0,288	0,268	0,250	0,217	0,189	0,177	0,164	0,153
0,30	0,451	0,430	0,420	0,410	0,405	0,381	0,360	0,338	0,318	0,300	0,265	0,235	0,222	0,209	0,186
0,35	0,500	0,478	0,469	0,459	0,455	0,431	0,405	0,388	0,368	0,350	0,314	0,283	0,269	0,255	0,248
0,40	0,546	0,536	0,517	0,507	0,503	0,480	0,460	0,437	0,418	0,400	0,364	0,332	0,317	0,303	0,289
0,45	0,605	0,572	0,562	0,554	0,550	0,530	0,505	0,486	0,468	0,450	0,415	0,385	0,360	0,355	0,340
0,50	0,632	0,615	0,607	0,598	0,590	0,574	0,555	0,535	0,517	0,500	0,465	0,434	0,419	0,405	0,391
0,55	0,679	0,658	0,650	0,642	0,640	0,620	0,602	0,585	0,567	0,550	0,518	0,487	0,472	0,458	0,445
0,60	0,713	0,699	0,698	0,685	0,682	0,664	0,649	0,631	0,615	0,600	0,57	0,540	0,527	0,514	0,531
0,65	0,752	0,740	0,732	0,725	0,722	0,708	0,690	0,678	0,662	0,650	0,622	0,595	0,581	0,570	0,587
0,70	0,780	0,779	0,773	0,768	0,765	0,745	0,739	0,725	0,712	0,700	0,774	0,651	0,640	0,625	0,617
0,75	0,823	0,819	0,813	0,810	0,808	0,795	0,782	0,772	0,760	0,750	0,730	0,710	0,700	0,690	0,677
0,80	0,863	0,855	0,851	0,847	0,841	0,836	0,827	0,818	0,800	0,800	0,782	0,765	0,756	0,748	0,740
0,90	0,932	0,928	0,927	0,925	0,924	0,919	0,914	0,909	0,900	0,900	0,890	0,881	0,876	0,872	0,867
0,95	0,970	0,966	0,965	0,964	0,962	0,962	0,960	0,958	0,954	0,950	0,948	0,944	0,942	0,940	0,933

Tabelul 1.16 (continuare)

x	0,55	0,60	0,62	0,64	0,68	0,70	0,72	0,74	0,77	0,80	0,85	0,87	0,90	0,93	0,95
a	a^x														
1,25	1,130	1,142	1,148	1,152	1,158	1,166	1,172	1,180	1,184	1,192	1,210	1,215	1,222	1,228	1,236
1,5	1,250	1,275	1,286	1,296	1,307	1,328	1,339	1,350	1,364	1,383	1,410	1,420	1,440	1,458	1,470
1,75	1,300	1,490	1,412	1,430	1,450	1,480	1,495	1,510	1,538	1,562	1,610	16,28	1,650	1,680	1,700
2	1,462	1,516	1,537	1,558	1,580	1,625	1,647	1,674	1,700	1,741	1,800	1,820	1,866	1,905	1,928
2,2	1,654	1,735	1,765	1,796	1,830	1,900	1,930	1,970	2,022	2,080	2,178	2,220	2,270	2,340	2,388
3	1,866	1,933	1,975	2,020	2,065	2,158	2,206	2,255	2,322	2,408	2,540	2,680	2,688	2,780	2,880
4	2,140	2,297	2,362	2,428	2,497	2,639	2,713	2,789	2,910	3,031	3,240	3,340	3,482	3,630	3,730
5	2,420	2,620	2,712	2,801	2,893	3,085	3,186	3,290	3,460	3,624	3,930	4,050	4,257	4,460	4,630
6	2,680	2,930	3,037	3,148	3,261	3,505	3,633	3,766	3,980	4,193	4,580	4,750	5,016	5,300	5,500
7	2,820	3,214	3,342	3,474	3,612	3,905	4,059	4,220	4,460	4,743	5,220	5,440	5,762	6,100	6,010
8	3,140	3,482	3,630	3,784	3,943	4,287	4,469	4,659	4,950	5,278	5,850	6,180	6,498	6,920	7,200
9	3,350	3,737	3,905	4,080	4,264	4,655	4,865	5,085	5,440	5,799	6,450	6,750	7,227	7,700	8,050
10	3,540	3,981	4,169	4,365	4,571	5,012	5,248	5,495	5,890	6,310	7,096	7,410	7,943	8,500	8,950
12	3,920	4,441	4,668	4,905	5,155	5,694	5,948	6,289	6,760	7,300	8,240	8,660	9,360	10,01	10,30
14	4,260	4,872	5,136	5,404	5,710	6,343	6,687	7,049	7,320	8,252	9,450	9,940	10,75	11,60	12,30
16	4,590	5,278	5,579	5,897	6,233	6,964	7,361	7,756	8,450	9,189	10,46	11,18	12,13	13,20	13,95
18	4,900	5,665	6,001	6,359	6,737	7,563	8,013	8,429	9,250	10,10	11,60	12,30	13,45	14,60	15,65

20	5,220	6,034	6,407	6,802	7,202	8,142	8,644	9,178	10,10	10,98	12,80	13,65	14,82	16,30	17,25
22	5,500	6,389	6,797	7,230	7,691	8,703	9,258	9,840	10,78	11,86	13,80	14,70	16,15	17,80	18,90
25	5,860	6,898	7,357	7,847	8,368	9,518	10,15	10,830	11,90	13,13	15,50	15,90	18,12	19,94	21,30
30	6,500	7,696	8,238	8,878	9,438	10,81	11,57	12,39	13,72	15,19	18,00	19,20	21,35	23,58	25,20
40	7,620	9,146	9,846	10,60	11,41	13,23	14,24	15,33	17,12	19,13	23,00	24,80	27,66	30,90	33,20
50	8,600	10,46	11,31	12,23	13,22	15,46	16,72	18,00	20,30	22,86	27,60	29,88	33,31	38,00	41,00
60	9,500	11,69	12,66	13,74	14,91	17,57	19,07	20,69	23,40	26,46	32,40	35,30	39,84	44,70	48,50
70	10,30	12,80	13,93	15,17	16,51	19,57	21,30	23,19	25,20	29,93	37,20	40,25	45,77	51,80	53,50
80	11,18	13,86	15,31	16,52	18,03	21,49	23,45	25,60	29,18	33,30	41,30	45,00	51,62	59,00	64,50
90	11,80	14,88	16,28	17,81	19,49	23,33	25,55	27,93	31,80	36,59	45,70	50,10	57,39	65,40	72,00
100	12,59	15,85	17,38	19,05	20,89	25,12	27,54	30,20	34,62	39,81	50,10	55,00	63,10	72,50	80,00
110	13,28	15,78	18,44	20,25	22,25	26,85	29,50	32,41	37,50	42,96	54,50	60,20	68,75	79,50	87,00
120	13,88	17,68	19,46	21,41	23,56	28,54	31,40	34,56	39,80	46,06	58,40	64,50	74,35	85,10	93,40
130	14,46	18,42	20,30	22,40	24,60	30,00	33,08	36,30	42,00	48,50	61,60	66,50	79,50	91,20	100,00
150	15,76	19,95	22,22	24,58	26,98	33,10	36,39	40,20	46,80	54,40	70,00	77,50	83,00	104,8	115,00
175	17,20	22,10	24,62	27,40	30,20	37,20	41,20	45,70	53,70	62,40	81,00	89,50	104,8	121,6	133,8
200	18,45	24,02	26,71	29,69	33,01	40,81	45,37	50,44	59,00	69,31	90,00	100,0	110,0	138,0	152,0
225	19,60	25,65	28,40	31,90	36,30	44,10	49,00	55,00	64,50	76,00	98,80	110,0	131,2	152,0	170,0
250	20,90	27,40	30,60	34,30	38,00	47,60	53,00	59,50	70,00	83,00	109,00	120,0	144,8	166,0	190,0
300	22,90	30,64	34,34	38,49	43,14	54,20	60,75	68,09	79,50	95,87	126,00	140,0	169,60	200,0	218,2
350	25,10	33,80	38,80	42,60	47,90	60,50	68,20	75,60	91,20	111,00	145,8	162,0	195,0	234,0	263,0
400	26,90	35,40	40,70	46,20	52,00	66,00	74,50	83,20	100,00	120,00	162,8	182,0	218,0	263,0	295,0

Tabelul 1.17

Fracții ordinare care aproximează numărul π ($\pi=3{,}1415926535\ldots$)

Fracția de aproximare	Diferența față de π	Fracția de aproximare	Diferența față de π
$\pi\approx 3{,}14=\frac{157}{50}$	$-0{,}00159$	$\pi\approx 3{,}14171=\frac{25\cdot 47}{22\cdot 17}$	$+0{,}00012$
$\pi\approx 3{,}14286=\frac{22}{7}$	$+0{,}00127$	$\pi\approx 3{,}14170=\frac{8\cdot 97}{13\cdot 19}$	$+0{,}00011$
$\pi\approx 3{,}14182=\frac{32\cdot 27}{25\cdot 11}$	$+0{,}00023$	$\pi\approx 3{,}14167=\frac{13\cdot 29}{4\cdot 30}$	$+0{,}00008$
$\pi\approx 3{,}14173=\frac{19\cdot 21}{127}$	$+0{,}00014$		

Tabelul 1.18

Fracții cu valori apropiate de valoarea raportului $\frac{\pi}{25{,}4}=0{,}12368475$

Nr. crt.	Fracțiile apropiate de $\frac{\pi}{25{,}5}$	Diferența față de valoarea raportului $\frac{\pi}{25{,}4}=0{,}12368475$
1.	$\frac{25}{113}\ \frac{71}{127}=0{,}12368476$	$+0{,}00000001$
2.	$\frac{1}{4}\ \frac{47}{95}=0{,}12368421$	$-0{,}00000054$
3.	$\frac{10}{21}\ \frac{20}{77}=0{,}12368583$	$+0{,}00000108$
4.	$\frac{11}{24}\ \frac{17}{63}=0{,}12367724$	$-0{,}00000751$
5.	$\frac{1}{9}\ \frac{59}{53}=0{,}12368972$	$+0{,}00000597$

Tabelul 1.18 (continuare)

Nr. crt.	Fracțiile apropiate de $\frac{\pi}{25,5}$	Diferența față de valoarea raportului $\frac{\pi}{25,4}=0,12368475$
6.	$\frac{24}{55}\,\frac{36}{127}=0,12369363$	+0,00000888
7.	$\frac{5}{24}\,\frac{19}{32}=0,12369791$	+0,00001316
8.	$\frac{12}{97}=0,12371134$	+0,00002659
9.	$\frac{1}{6}\,\frac{23}{31}=0,12365591$	—0,00002884
10.	$\frac{2}{11}\,\frac{17}{25}=0,12363636$	—0,00004739
11.	$\frac{10}{7}\,\frac{11}{127}=0,12373453$	+0,00004978
12.	$\frac{5}{14}\,\frac{9}{26}=0,12362637$	—0,00005838

Tabelul 1.19

Fracții ordinare care aproximează produsul 25,4 π

Fracția de aproximare	Diferența față de $25,4\pi=79,79645$	Fracția de aproximare	Diferența față de $25,4\pi=79,79645$
$25,4\,\pi\approx 79,82857=\frac{22\cdot 127}{5\cdot 7}$	+0,03212	$25,4\,\pi\approx 79,79221=\frac{128\cdot 48}{7\cdot 11}$	—0,00424
$25,4\,\pi\approx 79,78022=\frac{22\cdot 330}{7\cdot 13}$	—0,01623	$25,4\,\pi\approx 79,800=\frac{21\cdot 19}{5}$	+0,00355
$25,4\,\pi\approx 79,78723=\frac{30\cdot 125}{47}$	—0,00922	$25,4\,\pi\approx 79,79592=\frac{10\cdot 17\cdot 23}{7\cdot 7}$	—0,00053

Tabelul 1.20

Avansuri și filete la strungul S3

Avansuri longitudinale, mm/rot							Avansuri transversale, mm/rot			
Raportul roților de schimb 42:100										
Poziţiile manetelor de avansuri şi filete										
A		*B*	*I*	*II*	*I*	*II*	*I*	*II*	*I*	*II*
		C	*I*		*II*		*I*		*II*	
Pe filet metric	Poziţiile levierului Norton	1	0,08	0,16	0,33	0,65	0,027	0,054	0,11	0,22
		2	0,09	0,18	0,35	0,71	0,029	0,058	0,12	0,23
		3	0,10	0,20	0,40	0,80	0,033	0,067	0,13	0,27
		4	0,11	0,23	0,45	0,91	0,038	0,075	0,15	0,30
		5	0,12	0,24	0,48	0,96	0,040	0,079	0,16	0,32
		6	0,13	0,25	0,50	1,00	0,042	0,084	0,17	0,33
		7	0,14	0,28	0,55	1,11	0,046	0,092	0,18	0,37
		8	0,15	0,30	0,60	1,21	0,050	0,100	0,20	0,40
Pe filet Whitworth		3	—	—	—	1,28	—	—	—	0,41
		2	—	—	—	1,46	—	—	—	0,48
		1	—	—	—	1,59	—	—	—	0,52

Tabelul 1.20 (continuare)

Paşii filetelor modul, mm									Paşii filetelor Diametral Pitch, dinţi/ţol								
Raportul roţilor pe schimb 32:97																	
Poziţiile manetelor																	
M2	Orice poziţie				Alb				*M2*	Orice poziţie				Alb			
M3	Orice poziţie				Roşu		Albastru		*M3*	Orice poziţie				Roşu		Albastru	
M4	Pas normal				Pas mărit				*M4*	Pas normal				Pas mărit			
Poziţiile manetelor cutiei de avansuri şi filete																	
A	Pe filet metric								*A*	Pe filet Witworth							
B	*I*	*II*	*I*	*II*	*II*	*I*	*II*	*I*	*B*	*I*	*II*	*I*	*II*	*II*	*I*	*II*	
C	*I*		*II*		*I*	*II*	*I*	*II*	*C*	*I*		*II*		*I*	*II*	*I*	
Poziţiile levierului Norton 1	0,203	0,407	0,8125	1,625	3,25	6,5	13	26	Poziţiile levierului Norton 1	52	26	13	6 1/2	3 1/4	1 5/8	13/16	
2	0,219	0,438	0,875	1,75	3,5	7	14	28	2	56	28	14	7	3 1/2	1 3/4	7/8	
3	0,25	0,5	1	2	4	8	16	32	3	64	32	16	8	4	2	1	
4	0,281	0,563	1,125	2,25	4,5	9	18	36	4	72	36	18	9	4 1/2	2 1/4	1 1/8	
5	0,297	0,594	1,1875	2,375	4,75	9,5	19	38	5	76	38	19	9 1/2	4 3/4	2 3/8	1 3/16	
6	0,312	0,625	1,25	2,5	5	10	20	40	6	80	40	20	10	5	2 1/2	1 1/4	
7	0,344	0,6875	1,375	2,75	5,5	11	22	44	7	88	44	22	11	5 1/2	2 3/4	1 3/8	
8	0,375	0,75	1,5	3	6	12	24	48	8	96	48	24	12	6	3	1 1/2	

Tabelul 1.20 (continuare)

Pașii filetelor metrice, mm									Pașii filetelor Whitworth, paș/țol					
Raportul roților de schimb 42:100														
Pozițiile manetelor														
M2	Orice poziție				Alb				*M2*	Orice poziție				
M3	Orice poziție				Roșu		Albastru		*M3*	Orice poziție				
M4	Pas normal				Pas mărit				*M4*	Pas normal				
Pozițiile manetelor cutiei de avansuri și filete														
A	Pe filet metric								*A*	Pe filet Witworth				
B	*I*	*II*	*I*	*II*	*II*	*I*	*II*	*I*	*B*	*II*	*I*	*II*	*I*	
C	*I*		*II*		*I*	*II*	*I*	*II*	*C*	*II*		*I*		
Pozițiile levierului Norton 1	0,812	1,625	3,25	6,5	13	26	52	104	1	1 5/8	3 1/4	6 1/2	13	
2	0,875	1,75	3,5	7	14	28	56	112	2	1 3/4	3 1/2	7	14	
3	1	2	4	8	16	32	64	128	3	2	4	8	16	
4	1,125	2,25	4,5	9	18	36	72	144	4	2 1/4	4 1/2	9	18	
5	1,187	2,375	4,75	9,5	19	38	76	152	5	2 3/8	4 3/4	9 1/2	19	
6	1,25	2,5	5	10	20	40	80	160	6	2 1/2	5	10	20	
7	1,375	2,75	5,5	11	22	44	88	176	7	2 3/4	5 1/2	11	22	
8	1,5	3	6	12	24	48	96	192	8	3	6	12	24	

Tabelul 1.21

Valorile coeficientului K pentru determinarea grosimii plăcuței la strunjirea excentrică

r	K	r	K	r	K
0,005	0,008	0,065	0,100	0,150	0,239
0,010	0,015	0,070	0,108	0,160	0,250
0,015	0,023	0,075	0,111	0,170	0,273
0,020	0,030	0,080	0,124	0,180	0,290
0,025	0,038	0,085	0,132	0,190	0,307
0,030	0,046	0,090	0,140	0,200	0,324
0,035	0,053	0,095	0,144	0,210	0,341
0,040	0,060	0,100	0,157	0,220	0,359
0,045	0,069	0,110	0,173	0,230	0,376
0,050	0,077	0,120	0,189	0,240	0,394
0,055	0,085	0,130	0,206	0,250	0,411
0,060	0,092	0,140	0,222		

Tabelul 1.22

Avansurile la găurire

Diametrul burghiului, mm	Materialul de prelucrat						
	Oţel $\sigma_r <$ $<78{,}4$ dN/mm²	Oţel $\sigma_r =$ $=78{,}4-98$ dN/mm²	Oţel $\sigma_r >$ >98 dN/mm²	Fontă $HB \leqslant 200$, Aliaje de cupru		Fontă HB 200	
	Materialul părţii aşchietoare a burghiului						
	Oţel rapid	Oţel rapid	Oţel rapid	Oţel rapid	Carbură metalică	Oţel rapid	Carbură metalică
	Avansul s_a, mm/rot.						
< 2	0,05—0,06	0,04—0,05	0,03—0,04	0,09—0,11	—	0,05—0,07	—
2— 4	0,08—0,10	0,06—0,08	0,04—0,06	0,18—0,22	—	0,11—0,13	—
4— 6	0,14—0,18	0,10—0,12	0,08—0,10	0,27—0,33	—	0,18—0,22	—
6— 8	0,18—0,22	0,13—0,15	0,11—0,13	0,36—0,44	0,22—0,28	0,22—0,26	0,18—0,22
8—10	0,22—0,28	0,17—0,21	0,13—0,17	0,47—0,57	0,25—0,30	0,28—0,34	0,20—0,25
10—13	0,25—0,31	0,19—0,23	0,15—0,19	0,52—0,64	0,30—0,36	0,31—0,39	0,25—0,30
13—16	0,31—0,37	0,22—0,28	0,18—0,22	0,61—0,75	0,35—0,40	0,37—0,45	0,28—0,34
16—20	0,35—0,43	0,26—0,32	0,21—0,25	0,70—0,86	0,40—0,48	0,43—0,53	0,32—0,38
20—25	0,39—0,47	0,29—0,35	0,23—0,29	0,78—0,96	0,46—0,56	0,47—0,57	0,39—0,44
25—30	0,45—0,55	0,32—0,40	0,27—0,33	0,90—1,10	0,55—0,65	0,54—0,66	0,45—0,50
30—60	0,60—0,70	0,40—0,50	0,30—0,40	1,0 —1,20	—	0,70—0,80	—

N o t ă: 1. Avansurile din tabel se înmulţesc cu un coeficient $K_{hs}=0{,}9$ pentru $h \leqslant 5d_s$; $K_{hs}=0{,}8$ pentru $5d_s < h \leqslant 7d_s$ şi $K_{hs}=0{,}75$ pentru $7d_s < h < 10d_s$.

2. Avansurile din tabel se înmulţesc cu $K=0{,}75$ pentru un sistem cu rigiditate medie şi cu $K_{\varrho}=0{,}50$ cînd sistemul are rigiditate mică.

Tabelul 1.23

Valorile coeficienților din formula pentru calculul vitezei de așchiere la găurire, zencuire și alezare

Materialul de prelucrat	Felul prelucrării	Materialul părții aşchietoare	Avansul mm/rot	Coeficienți					Răcirea
				C_v	z_v	x_v	y_v		
Oțel σ_r=73,5 dN/mm²	Găurire	Rp3	$s \leqslant 0{,}2$ $s > 0{,}2$	7,0 9.8	0,4	0	0,7 0,5	0.2	cu răcire
	Lărgire	Rp3 VK 8	—	12,6 10,8	0,4 0,6	0.2 0,2	0,5 0,3	0,2 0,25	
	Adîncire	Rp3 T15K6	—	16,3 18,0	0,3 0,6	0.2 0.2	0.5 0,3	0,3 0,25	
	Alezare	Rp3	—	10,5	0,3	0,2	0,65	0.4	
Fontă cenușie 190 *HB*	Găurire	Rp3	$s \leqslant 0{,}3$ $s > 0{,}3$	14.7 17,1	0,25	0	0,55 0,4	0,125	fără răcire
		VK 8	—	34,2	0,45	0	0,3	0,2	
	Lărgire	Rp3 VK 8	—	23,4 56,9	0.25 0,5	0,1 0,15	0,4 0,45	0,125 0,4	
	Adîncire	Rp3 VK 8	—	18.8 105.0	0,2 0,4	0,1 0,15	0,4 0,45	0,125 0,4	
	Alezare	Rp3		15.6	0,2	0,1	0,5	0,3	

Tabelul 1.24

Valorile coeficientului K_m

Grupa oțelului	Oțel σ_r, dN/mm²										
	29,4—34,3	35,3—39,2	40,2—44,1	45,1—49	50—54,5	55,4—58,8	59,8—68,6	69,6—78,4	79,4—88,2	89,2—98	90—117,6
	Coeficientul K_m										
Oțel carbon (C≤0,5%)	0,86	1,0	0,7	1,16	1,34	1,25	1.13	1,0	0,9	0,82	—
Oțel nichel, crom, crom-nichel	—	1,62	1,46	1,33	1,22	1,13	1,02	0,9	0,8	0,73	1,64
Oțel carbon (C>0,6%) Oțel crom-nichel-wolfram	—	—	—	—	—	1,0	0,91	0,81	0,72	0,65	0,56

	Fontă, *HB*					
	140—152	153—166	167—181	182—199	200—217	218—240
	Coeficient K_m					
Fontă cenușie	1,43	1,27	1,13	1,0	0,9	0,8

Tabelul 1.25

Valorile coeficientului K_{ms}

Materialul de prelucrat	Oțel și fontă	Oțel		Fontă		
Marca materialului sculei	Rp3	T15K6	T5K10	VK8	VK6	VK4
Coeficient K_{ms}	1,0	1,0	0,65	1,0	1,2	1,35

Tabelul 1.26

Valoarea coeficientului K_h

Adîncimea de găurit	$3d_s$	$4d_s$	$5d_s$	$6d_s$	$8d_s$
Coeficient K_h	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6

Tabelul 1.27

Valorile coeficienților din formula momentului și a forței de așchiere la găurire, lărgire și zencuire

Material de prelucrat	Felul prelucrării	Materialul sculei	Coeficient							
			C_M	z_M	x_M	y_M	C_F	z_F	x_F	y_F
Oțel σ_r=73,5 dN/mm²	Găurire	Oțel rapid, carbură metalică	0,0345	2,0	—	0,8	68	1,0	—	0,7
	Lărgire		0,09	1,0	0,9	0,8	37,8	—	1,3	0,7
	Zencuire		0,943	0,75	0,8	0,95	—	—	—	—
Fontă	Găurire	Oțel rapid, carbură metalică	0,021	2,0	—	0,8	42,7	1,0	—	0,8
			0,012	2,2	—	0,8	42	1,2	—	0,75
	Lărgire	Oțel rapid	0,085	1,0	0,75	0,8	23,5	—	1,2	0,4
	Zencuire	Carbură metalică	0,196	0,85	0,8	0,7	—	—	—	—

Tabelul 1.28

Valorile coeficientului K_M

Material de prelucrat / Coeficient	Oțel	Fontă
K_M	$K_M=\left(\frac{\sigma_r}{73,5}\right)^{0,75}$	$K_M=\left(\frac{HB}{190}\right)^{0,6}$

2. MAȘINI DE FREZAT

Mașinile de frezat sînt destinate prelucrării suprafețelor plane, profilate, a canalelor drepte și elicoidale (cu secțiune pătrată, dreptunghiulară, unghiulară), a canalelor în T etc. Pe mașinile universale (cu consolă) se pot prelucra și roți dințate cu dinți drepți și înclinați, folosind metoda de generare prin copiere cu freze disc sau deget modul.

Mișcarea principală de așchiere la frezare este rotația frezei, viteza de așchiere fiind viteza tangențială la periferia frezei. Avansurile sînt realizate fie prin deplasarea piesei, împreună cu masa mașinii, fie prin deplasarea frezei.

2.1. NOTAȚII FOLOSITE

s_d este avansul pe dinte, mm/dinte (fig. 2.1);
s_r — avansul de rotație mm/rot, (fig. 2.2);
v_s — viteza de avans a mesei la frezare, mm/min (fig. 2.2);
T — durabilitatea sculei, min;
t — adîncimea de așchiere, mm (fig. 2.2);
n_s — turația sculei, rot/min;
z_s — numărul de dinți ai sculei (frezei);
z_p — numărul de dinți ai roții dințate (număr de diviziuni, canale etc.);
D_s — diametrul frezei, mm;
d_p — diametrul piesei, mm;
v_e — viteza economică de așchiere, m/min;
v_a — viteza de așchiere, efectivă m/min;

C_v, x_v, y_v, m_v, q_v, r_v este coeficienți dependenți de materialul de prelucrat și condițiile de așchiere;

K_v — coeficient global de corectare a vitezei de așchiere;

K_m, K_s, $K_\varkappa$ — coeficienți de corectare a vitezei de așchiere funcție de: caracteristicile mecanice ale materialului de prelucrat (K_m), materialul sculei (K_s) și unghiul de atac al tăișului $\varkappa$ ($K_\varkappa$);

C_m — coeficient de prelucrabilitate a materialului;

B — lățimea de frezare, mm;

F_t — forța tangențială de așchiere, N;

C_F, x_F, y_F, r_F, q_F — coeficienți funcție de materialul de prelucrat și de tipul frezei;

K_F — coeficient global de corectare a forței de așchiere;

K_γ, K_v — coeficienți de corectare a forței funcție de unghiul de degajare γ (K_γ) și de viteza de așchiere (K_v');

$\varkappa$ — unghiul de atac principal, grade;

γ — unghiul de degajare, grade;

η_a — randamentul lanțului cinematic principal;

P_e — puterea efectivă la frezare, kW;

P_n — puterea nominală a motorului electric pentru antrenarea lanțului cinematic principal, kW;

D_d — discul divizor (fig. 2.3);

M — manivela capului divizor (fig. 2.3);

q — numărul de găuri peste care se rotește manivela M pentru a roti piesa cu o diviziune;

G_d — numărul de găuri de pe cercul discului divizor D_d;

i_{cd} — caracteristica capului divizor;

A, B, C, D — roți de schimb pentru capul divizor;

z_x — un număr fictiv, arbitrar ales, avînd divizori comuni cu i_{cd};

p_E — pasul elicei piesei prelucrate, mm;

p_{sc} este pasul șurubului conducător al mesei mașinii de frezat, mm;
n_p — turația piesei, rot/min;
n_{sc} — turația șurubului conducător, rot/min;
m_n — modulul normal, mm;
β — unghiul de înclinare a danturii (sau a canalului), grade;
p_{sp} — pasul spiralei, mm.

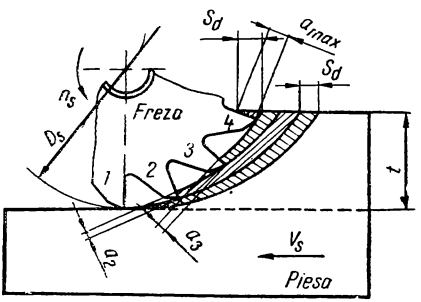


Fig. 2.1. Reprezentarea avansului pe dinte la frezare

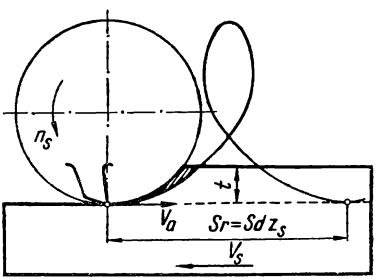


Fig. 2.2. Avansul pe rotație la frezare

2.2. FORMULE DE CALCUL

$$s_r = s_d z_s \quad [\text{mm/rot}]; \tag{2.1}$$

$$v_s = s_r n_s \quad [\text{mm/min}]; \tag{2.2}$$

$$v_e = \frac{C_v D_s^{q_v}}{T^m s_d^{x_v} t^{y_v} B^{r_v} z^{n_v}} K_v \quad [\text{m/min}]; \tag{2.3}$$

$$K_v = K_m K_s K_u; \tag{2.4}$$

$$K_m = C_m \frac{180}{HB}; \tag{2.5}$$

$$K_m = C_m \left(\frac{68{,}6}{\sigma_r}\right)^u; \tag{2.6}$$

$$F_t = 9{,}8 C_F t^{x_F} s_d^{y_F} z B^{r_F} D_s^{q_F} K_F \quad [\text{N}]; \tag{2.7}$$

$$K_F = K_\gamma K'_v; \tag{2.8}$$

$$P_e = \frac{F_t v_a}{9{,}8 \cdot 6\,120} \text{ [kW]} ; \tag{2.9}$$

$$P_e \leqslant P_n \eta_a ; \tag{2.10}$$

$$\frac{q}{G_d} = \frac{i_{cd}}{z_p} ; \tag{2.11}$$

$$\frac{q}{G_d} = \frac{i_{cd}}{z_x} ; \tag{2.12}$$

$$\frac{A}{B} = \pm \frac{i_{cd}}{z_x} (z_x - z_p) ; \tag{2.13}$$

$$\frac{A}{B} = i_{cd} \frac{p_{sc}}{p_E} ; \tag{2.14}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\pi d_p}{p_E} ; \tag{2.15}$$

$$p_E = \frac{\pi m_n z_p}{\sin \beta} \text{ [mm]} ; \tag{2.16}$$

$$\frac{n_p}{n_{sc}} = \frac{p_{sc}}{p_{sp}} ; \tag{2.17}$$

$$\frac{A}{B} = i_{cd} \frac{p_{sc}}{p_{sp}} . \tag{2.18}$$

2.3. PROBLEME REZOLVATE

2.3.1. Calculul regimurilor și al forțelor de așchiere

1. Să se calculeze avansul pe rotație la frezare, fiind cunoscute: $s_d = 0{,}25$ mm/dinte și $z_s = 12$.

Rezolvare. Se aplică formula (2.1) $s_r = 0{,}25 \cdot 12 = 3$ mm/rot.

2. Să se calculeze viteza de avans la frezare, fiind cunoscute: $v_a = 17$ m/min, $D_s = 63$ mm, $s_d = 0{,}3$ mm/dinte și $z_s = 14$.

Rezolvare. Din (1.3) se calculează turația frezei

$$n_s = \frac{1\,000 \cdot 17}{\pi 63} = 75{,}9 \text{ rot/min.}$$

Cu (2.1) se calculează avansul pe rotație $s_r = 0{,}3 \cdot 14 = 4{,}2$ mm/rot.

Cu (2.2) se calculează viteza de avans

$$v_s = 4{,}2 \cdot 75{,}9 = 318{,}79 \text{ mm/min.}$$

3. Să se determine avansul pe dinte și viteza economică de așchiere la frezarea plană a unei plăci din fontă cenușie ($HB = 175$), fără crustă, cu o freză cilindrică din oțel carbon de scule OSC12, fiind cunoscute: $D_s = 63$ mm; $z_s = 8$; $B = 60$ mm și $t = 5$ mm.

Rezolvare. Avansul pe dinte se alege din tabelul 2.1 funcție de materialul de prelucrat și tipul frezei, $s_d = 0{,}20$ mm/dinte.

Tabelul 2.1

Avansul pe dinte la frezare, mm/dinte

Materialul de prelucrat			Tipul frezei						
Materialul	Marca	Rezistența la rupere σ_r, dN/mm²	Cilindrică	Cilindrofrontală	Disc	Deget	Profilată	Cap de frezat cu dinți aplicați din	
								Oțel rapid	Carburi metalice
Oțel carbon	OL 50	49,0	0,20	0,25	0,07	0,05	0,04	0,30	0,10
Oțel carbon	OL 70	68,6	0,10	0,15	0,06	0,03	0,03	0,20	0,08
Oțel slab aliat		98,0	0,08	0,10	0,05	0,02	0,02	0,15	0,06
Oțel bogat aliat	—	1 07,8	0,05	0,08	0,03	0,01	0,01	0,10	0,04
Oțel turnat	OT 50	49,0	0,15	0,20	0,06	0,04	0,03	0,20	0,08
Fontă cenușie ($HB = 170...241$)	FC 20	19,6	0,20	0,25	0,07	0,05	0,04	0,30	0,10
Fontă maleabilă	Fm 37	36,3	0,20	0,25	0,07	0,05	0,04	0,30	0,10
Alamă	Am 58	56,8	0,20	0,25	0,07	0,05	0,04	0,30	0,15
Bronz	Bz 14	27,4	0,15	0,20	0,06	0,04	0,03	0,02	0,10
Aluminiu	—	—	0,15	0,20	0,07	0,05	0,04	0,02	0,10
Cupru	—	—	0,20	0,25	0,10	0,05	0,05	0,03	0,12

Durabilitatea frezei (din tabelul 2.2) este $T = 180$ min.

Viteza de așchiere se calculează cu (2.3), pentru care coeficienții se aleg astfel: din tabelul 2.3, funcție de tipul

Tabelul 2.2

Durabilitatea frezelor T, min

Tipul frezei	Diametrul frezei, mm											
	⩽25	25—40	40—60	60—75	75—90	90—110	110—150	150—200	200—225	225—250	250—300	300—400
Frontale	—	120	180	180	180	180	180	240	240	240	300	420
Cilindrice cu dinţi aplicaţi	—	—	—	—	180	180	180	—	—	—	—	—
Cilindrice cu dinţi mici	—	—	120	180	—	—	—	—	—	—	—	—
Disc	—	—	—	—	120	120	150	180	240	—	—	—
Deget	60	90	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Canelat şi retezat	—	—	—	60	75	120	150	180	—	—	—	—
Profilate şi unghiulare	—	120	120	120	180	—	—	—	—	—	—	—

Tabelul 2.3

Valorile constantei C_v din formula 2.3

Tipul frezei	Felul dinţilor şi materialul	Oţel σ_r=68,6 $\frac{dN}{mm^2}$		Fontă HB=180		
				Cu crustă		Fără crustă
		s_d>0,1	s_d<0,1	s_d<0,15	s_d>0,15	
Frontale	oţel rapid	55	80	23	23	46,5
	plăcuţă din carburi metalice VK8	—	—	40	40	80
Disc $\varkappa$=90°	cu dinţi aplicaţi	60	86	24	24	48
	monobloc cu dinţi în zig-zag	—	81	22,75	22,75	45,5
	monobloc cu dinţi drepţi	—	75	21,5	21,5	43
Canelat şi retezat		—	65	22,5	22,5	45
Cilindrice		46	60	13,5	28,8	57,6
Deget		—	35	37,5	37,5	75
Profilate	contur cu înclinare mare	—	44	—	—	—
	contur cu înclinare mică	—	53	—	—	—

Observaţii:

1. Valoarea constantei C_v este dată pentru prelucrarea oţelului fără crustă, cu răcire, cu frezare în sens contrar avansului, având unghiul de atac principal $\varkappa$=90° şi o uzură în limitele admisibile.
2. La prelucrarea printr-o singură trecere, cu o calitate mai bună a suprafeţei, valoarea constantei C_v se înmulţeşte cu 0,8.
3. La prelucrarea fără răcire C_v se înmulţeşte cu 0,5.
4. La frezarea în sensul avansului C_v se înmulţeşte cu 1,5.
5. La frezarea cu crustă C_v se înmulţeşte cu 0,6.

frezei și de materialul de prelucrat, $C_v=57{,}6$; din tabelul 2.4, funcție de tipul frezei, de materialul de prelucrat și de avansul pe dinte, $m=0{,}25$; $q_v=0{,}7$; $x_v=0{,}5$; $y_v=0{,}6$; $n_v=0{,}3$ și $r_v=0{,}3$.

Din coeficienții de corectare a vitezei de așchiere se consideră K_m (relația 2.5) și K_s (din tabelul 2.5). Coeficientul C_m din (2.5) ia în considerație influența gradului de prelucrabilitate și are valori prezentate în tabelul 2.7. Pentru fontă cenușie $C_m=1$. Deci, $K_m=1\cdot\frac{180}{175}=1{,}02$.

Tabelul 2.4

Valorile exponenților pentru formula 2.3

Materialul prelucrat	Tipul frezei	m	n_v	q_v	x_v	y_v		r_v
						$s_d\leqslant 0{,}1$	$s_d>0{,}1$	
Oțel, alamă și aliaje ușoare	Frontale	0,2	0,1	0,25	0,15	0,2	0,4	0,1
	Disc	0,2	0,1	0,25	0,3	0,2	0,4	0,1
	Canelat și retezat	0,2	0,1	0,25	0,3	0,2	0,4	0,1
	Cilindrice, deget și profilate	0,33	0,1	0,45	0,3	0,2	0,4	0,1
Fontă și bronz	Frontale	0,15	0,1	0,2	0,1	0,4	0,4	0,1
	Disc	0,15	0,1	0,2	0,5	0,4	0,4	0,1
	Canelat și retezat	0,15	0,1	0,2	0,5	0,4	0,4	0,2
	Cilindrice, deget și profilate	0,25	0,3	0,7	0,5	0,2	0,6	0,3

Tabelul 2.5

Valorile coeficientului K_s

Materialul de prelucrat	Materialul sculei	
	Rp 3 Rp 4	OSP 10 OSP 12 OSC 12
Oțel cu HB$\leqslant$220	1	0,5 ... 0,6
Oțel cu HB>220	1	—
Fontă cu HB$\leqslant$180	1	0,5 ... 0,6
Fontă cu HB>180	1	—
Metale neferoase și aliaje ușoare	1	0,5 ... 0,6

Tabelul 2.6

Valorile coeficientului $K_\varkappa$

Tipul frezei	Unghiul de atac principal, $\varkappa°$				
	90	60	45	30	20
Frontale	0,96	1	1,06	1,18	1,3
Disc cu trei tăişuri şi deget	1	1,05	1,1	1,23	1,37

Tabelul 2.7

Valorile coeficientului C_m din relaţiile 2.5 şi 2.6

Materialul de prelucrat	C_m
Oţeluri carbon, oţeluri carbon de scule, fonte cenuşii şi fonte maleabile	1
Oţeluri aliate cu Cr şi Cr—Si—Mn	0,8
Oţeluri Cr—Ni, Cr—V, Cr—Mo, Cr—Ni—Mo, Cr—W şi Ni	0,75
Oţeluri Cr—Mo—Al, Mn, Cr—Mn, Si—Mn şi oţeluri aliate de scule	0,7
Oţel rapid	0,5
Oţel inoxidabil şi refractar (rezistent la temperaturi înalte)	0,4
Alamă şi bronz	3
Silumin, duraluminiu	5
Elektron	7

Coeficientul de corectare K_s se alege din tabelul 2.5, care pentru fontă cu $HB \leqslant 180$ şi scule din OSC12 are valoarea $K_s=0,5$.

Înlocuind toate valorile cunoscute în relaţia (2.3) se obţine

$$v_e = \frac{57,6 \cdot 63^{0,7}}{180^{0,25} \cdot 0,2^{0,5} \cdot 5^{0,6} \cdot 60^{0,3} \cdot 8^{0,3}},$$

apoi folosind tabelul 1.16 (după indicaţiile date în paragraful 1.1.3.1), valoarea vitezei de aşchiere este

$$v_e = \frac{57,6 \cdot 18,17}{3,662 \cdot 0,441 \cdot 2,62 \cdot 3,415 \cdot 1,87} = 38,6 \text{ m/min.}$$

Coeficientul de corectare calculat cu (2.4) are valoarea

$$K_v = 1,02 \cdot 0,5 = 0,51.$$

Viteza de așchiere corectată este

$$v_e = 38{,}6 \cdot 0{,}51 = 19{,}6 \text{ [m/min]},$$

valoare corespunzătoare indicațiilor din tabele [14]. În tabelul 4.3 din [14], pentru prelucrarea fontei cenușii cu o freză cilindrică, se indică ca viteză de așchiere economică $v_e = 14 \ldots 20$ m/min.

4. Să se determine avansul pe dinte, viteza de așchiere, forța de așchiere și puterea la frezarea plană a unei piese din oțel carbon OL 70 ($\sigma_r = 68{,}6$ dN/mm^2), cu o freză frontală ($\varkappa = 90°$ și $\gamma = 8°$) cu dinți aplicați din oțel rapid Rp 3, fiind cunoscute: $D_s = 200$ mm; $B = 175$ mm; $z_s = 14$; $t = 4$ mm. Frezarea se face pe o mașină de frezat verticală FV-1, cu răcire.

Rezolvare. Avansul pe dinte, din tabelul 2.1, este $s_d = 0{,}2$ mm/dinte, iar durabilitatea, din tabelul 2.2, are valoarea $T = 240$ min.

Pentru calculul vitezei economice de așchiere se aleg coeficienții relației (2.3) astfel: $C_v = 55$ (tabelul 2.3); $m = 0{,}2$; $n_v = 0{,}1$; $q_v = 0{,}25$; $x_v = 0{,}15$; $y_v = 0{,}4$ și $r_v = 0{,}1$ (tabelul 2.3).

Coeficienții de corectare sînt: K_m din (2.6), în care $C_m = 1$ (tabelul 2.7) și $u = -1$ pentru oțel carbon, cu $\sigma_r = 30 \ldots 50$ kgf/mm^2 (29,4 ... 49,0 dN/mm^2); $u = 1$ pentru oțel carbon și oțel aliat cu $\sigma_r = 55 \ldots 85$ kgf/mm^2 (53,0 ... 83,3 dN/mm^2) și $u = 2$ pentru oțel bogat aliat cu $\sigma_r = 90 \ldots 140$ kgf/mm^2 (88,2 ... 137,2 dN/mm^2), ceea ce conduce la

$$K_m = 1 \cdot \left(\frac{68{,}6}{68{,}6}\right)^1 = 1;$$

$K_s = 1$ (tabelul 2.5) și $K_\varkappa = 0{,}96$ (tabelul 2.6) pentru $\varkappa = 90°$. Astfel, coeficientul global de corectare (2.4) este

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}96 = 0{,}96.$$

Aplicînd relația (2.3) se obține

$$v_e = \frac{55 \cdot 200^{0{,}25} \cdot 0{,}96}{240^{0{,}2} \cdot 0{,}2^{0{,}15} \cdot 4^{0{,}4} \cdot 175^{0{,}1} \cdot 14^{0{,}1}},$$

de unde folosind tabelul 1.16, rezultă:

$$v_e = \frac{55 \cdot 3{,}761 \cdot 0{,}96}{2{,}984 \cdot 0{,}785 \cdot 1{,}74 \cdot 1{,}675 \cdot 1{,}302} = 22{,}3 \text{ m/min.}$$

Turația frezei, calculată din (1.3) este

$$n = \frac{1\,000 \cdot 22{,}3}{\pi 200} = 35{,}5 \text{ rot/min.}$$

Turația apropiată, mai mică, a mașinii FV-1 este 30 rot/min, ceea ce însemnează că se va lucra cu o viteză mai mică decît cea economică, a cărei valoare este

$$V_a = \frac{\pi 200 \cdot 30}{1\,000} = 18{,}8 \text{ m/min.}$$

Forța tangențială de așchiere se calculează cu (2.7), pentru care coeficienții sînt: $C_F = 68$; $x_F = 0{,}86$; $y_F = 0{,}74$; $r_F = 1$, $q_F = -0{,}86$ (tabelul 2.8); $K_\gamma = 1$ și $K_v = 1$ (tabelul 2.9).

Tabelul 2.8

Coeficienți pentru formula 2.7

Materialul de prelucrat și tipul frezei		C_F	x_F	y_F	r_F	q_F
Oțel	cilindrice, deget și frontale la frezarea nesimetrică	68	0,86	0,74	1	—0,86
	frontale la frezarea simetrică, disc de retezat	82	1,1	0,8	0,95	—1,1
	unghiulare	39	0,86	0,74	1	—0,86
	profilate convexe și concave	47	0,86	0,74	1	—0,86
Fontă	cilindrice, deget și frontale la frezarea nesimetrică	48	0,83	0,65	1	—0,83
	frontale la frezarea simetrică, disc și de retezat	70	1,14	0,7	0,9	—1,14

Tabelul 2.9

Coeficienții de corectare pentru relația 2.7

Unghiul de degajare, $\gamma°$	+15	+10	+5	0	−5	−10	−15	−20
K_γ	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Viteza de așchiere v, m/min	50	75	100	125	150	175	200	250
K'_v	1	0,98	0,96	0,94	0,92	0,9	0,88	0,85

Înlocuind valorile cunoscute în (2.7) se obține

$$F_t = 9{,}8 \cdot 68 \cdot 4^{0{,}86} \cdot 0{,}2^{0{,}74} \cdot 14 \cdot 175^1 \frac{1}{200^{0{,}86}},$$

de unde folosind tabelul 1.16, rezultă forța de așchiere

$$F_t = 9{,}8 \cdot 68 \cdot 3{,}290 \cdot 0{,}303 \cdot 14 \cdot 175 \cdot \frac{1}{95{,}00} = 9{,}8 \cdot 1\,748{,}1 =$$

$$= 17\,131{,}38 \text{ N}.$$

Puterea efectivă la frezare se calculează cu relația (2.9)

$$P_e = \frac{17\,131{,}38 \cdot 18{,}8}{9{,}8 \cdot 6\,120} = 5{,}4 \text{ kW}.$$

Frezarea cu regimul de așchiere propus poate avea loc dacă este satisfăcută condiția (2.10). Considerînd $\eta_a = 0{,}8$ și cunoscînd că puterea nominală a mașinii FV-1 este $P_n = 7$ kW se obține $P_n \eta_a = 7 \cdot 0{,}8 = 5{,}6$ kW. Condiția (2.10) este îndeplinită deoarece 5,4 kW $< 5{,}6$ kW. Aceeași verificare, folosind aceleași relații, se poate face și pentru lanțul cinematic de avans.

2.3.2. Calcule de divizare

Divizarea, operație necesară la prelucrarea frezelor, a roților dințate, arborilor canelați etc., se efectuează cu ajutorul dispozitivului denumit cap divizor, prezentat detaliat în [8 și 10]. Cea mai mare răspîndire în operațiile de divizare

o are capul divizor universal cu discuri, a cărui schemă cinematică este prezentată în figura 2.3. Cu acest cap divizor se efectuează, în mod obișnuit, divizarea indirectă simplă și divizarea indirectă diferențială. La divizarea indirectă simplă discul divizor este blocat prin intermediul unui bolț C (fig. 2.3), iar roțile de schimb A—B sînt demontate. La divizarea indirectă diferențiailă discul divizor, deblocat, este rotit prin intermediul roților de schimb și a roților conice z_3—z_4 (z_4 solidară cu D_d).

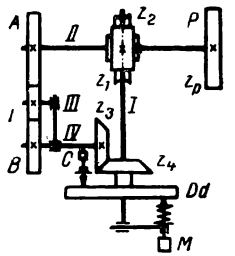


Fig. 2.3. Schema cinematică a capului divizor

Calculele de divizare, în general, se efectuează astfel:

— se aplică formula (2.11), în care atît numărătorul cît și numitorul se descompun în factori primi;

— se fac simplificări, obținîndu-se o fracție ordinară, ai cărei termeni sînt fie numere prime, fie numere prime între ele;

— fracția obținută se amplifică astfel, încît numitorul să coincidă cu unul din cercurile cu găuri G_d de pe discurile divizoare existente; se obține astfel direct atît q (la numărător) cît și G_d (la numitor); pentru o divizare se rotește manivela M cu q găuri pe cercul G_d;

— în cazul cînd z_p (numărul de diviziuni) este număr prim, sau nu are divizori comuni cu i_{cd}, divizarea se poate face numai dacă z_p coincide cu G_d;

— cînd divizarea indirectă simplă, formula (2.11), nu este posibilă se face calculul pentru divizarea indirectă diferențială relațiile (2.12) și (2.13), în care z_x este un număr ales arbitrar, apropiat de z_p, cu condiția ca numărul ales să permită calculul divizării indirecte simple, cu relația (2.12);

— eroarea introdusă prin diferența $z_x - z_p$ se înlătură prin mișcarea diferențială (rotirea discului divizor) realizată prin roțile de schimb A—B, relația (2.13);

— raportul de transmitere al roților de schimb rezultă cu plus sau minus funcție de semnul diferenței z_x—z_p;

— pentru $z_x > z_p$ rezultă semnul plus, ceea ce înseamnă rotirea roților A și B în același sens, deci roțile se montează cu o roată intermediară, ca în figura 2.4;

— pentru $z_x < z_p$ rezultă semnul minus, roțile de schimb A și B rotindu-se în sensuri diferite, ceea ce se poate realiza cu două roți intermediare, ca în figura 2.5;

— calculul trebuie condus astfel, încît atît discul divizor cît și roțile de schimb A—B să existe în dotarea mașinii.

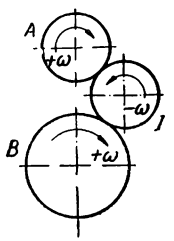


Fig. 2.4. Montarea roților de schimb cu o intermediară

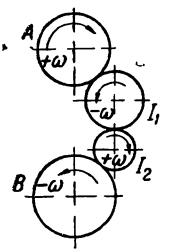


Fig. 2.5. Montatarea roților de schimb cu două intermediare

1. Să se facă calculul de divizare pentru $z_p=6$ diviziuni (frezarea unui hexagon), pe un cap divizor universal cu discuri, CD1 tabelul 2.10, avînd $i_{cd}=40$.

Rezolvare. Se aplică formula (2.11)

$$\frac{q}{G_d} = \frac{40}{6} = \frac{2^3 \cdot 5}{2 \cdot 3} = \frac{2^2 \cdot 5}{3} = \frac{20}{3} = 6 + \frac{2}{3},$$

obținîndu-se ca rezultat un număr întreg, 6 și fracția ordinară 2/3. Semnificația acestui rezultat este rotirea manivelei M (fig. 2.3) cu șase rotații întregi și fracțiunea 2/3 dintr-un număr G_d de pe discul divizor folosit. Determinarea numărului de găuri de pe discul divizor se face prin amplificarea fracției 2/3 astfel, încît să se obțină la numitor un număr existent în tabelul 2.10, coloana *4*, pentru capul divizor indicat (CD1). Astfel,

$$\frac{q}{G_d} = 6 + \frac{2}{3}\frac{5}{5} = 6 + \frac{10}{15},$$

ceea ce însemnează că pentru rotirea piesei cu o diviziune se rotește manivela M cu șase rotații întregi și 10 găuri pe

Tabelul 2.10

Roți de schimb și discuri divizoare ale unor capete divizoare

Nr. capului divizor	i_{cd}	Roți de schimb	Numărul de găuri G_d pe discurile divizoare
1	2	3	4
CD 1	40	20; 25; 30; 35; 40; 50; 55; 60; 70; 80; 90; 100.	15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 23; 27; 29; 31; 33; 37; 39; 41; 43; 47; 49.
CD 2	40	24; 24; 28; 28; 30; 32; 39; 40; 44; 48; 56; 64; 68; 72; 76; 86; 96; 100; 127.	24; 25; 28; 30; 34; 37; 38; 39; 41; 42; 43; 46; 47; 49; 51; 53; 54; 57; 58; 59; 62; 66.
CD 3	40	25; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 55; 60; 70; 71; 80; 90; 100; 100; 113.	24; 25; 28; 30; 34; 37; 38; 39; 41; 42; 43; 46; 47; 49; 51; 53; 54; 57; 58; 59; 62; 66;
CD 4	60	20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 120; 125; 127.	24; 25; 28; 30; 34; 37; 38; 39; 41; 42; 43; 46; 47; 49; 51; 53; 54; 57; 58; 59; 62; 66.

cercul cu 15 găuri. Pentru a ușura poziționarea manivelei *M* se montează pe arborele *1*, al discului divizor *2*, două indicatoare *3* (fig. 2.6), care se pot roti independent și pot fi solidarizate cu un șurub *4* astfel, încît în unghiul dintre cele două indicatoare să se găsească $q+1$ găuri. Gaura prevăzută în plus este cea de poziționare inițială a bolțului manivelei, de la care se numără cele q găuri. Existența acestor indicatoare exclude numărarea găurilor de fiecare dată cînd se rotește manivela.

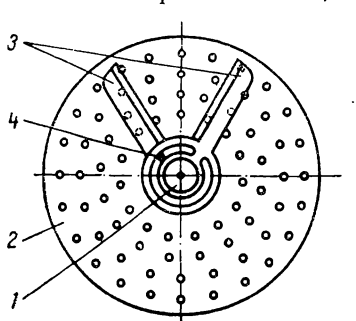


Fig. 2.6. Indicatorul pe discul divizor

2. Să se facă calculul de divizare pentru $z_p=100$ diviziuni (dinți) pe un cap divizor universal cu discuri, CD2 tabelul 2.10, avînd $i_{cd}=40$.

Rezolvare. Se aplică formula (2.11)

$$\frac{q}{G_d} = \frac{40}{100} = \frac{2^3 5}{2^2 5^2} = \frac{2}{5}.$$

Se amplifică fracția obținută cu 5 și se obține

$$\frac{q}{G_d} = \frac{10}{25}.$$

Se va monta discul divizor ce are un număr de 25 găuri pe cerc.

Pentru o diviziune se va roti manivela *M* (fig. 2.3) cu 10 găuri pe cercul divizor cu 25 găuri.

3. Să se facă calculul de divizare pentru $z_p=66$ diviziuni, pe un cap divizor universal cu discuri, CD3 tabelul 2.10, avînd $i_{cd}=40$.

Rezolvare. Se aplică formula (2.11)

$$\frac{q}{G_d} = \frac{40}{66}.$$

de unde se vede că numitorul fracției obținute coincide cu cercul cu 66 găuri existent în setul mașinii (tabelul 2.10, coloana *4*, pentru capul divizor indicat — CD3).

Deci, se montează discul divizor ce conține cercul cu 66 găuri și se rotește manivela cu 40 găuri pe acest cerc pentru a se roti piesa cu o diviziune. Indicatorul (compasul) *3* (fig. 2.6) se fixează astfel, încît între cele două lame să existe 41 găuri.

4. Să se facă calculul de divizare pentru $z_p=95$ diviziuni, pe un cap divizor universal cu discuri, CD4 tabelul 2.10, avînd $i_{cd}=60$.

Rezolvare. Se aplică formula (2.11)

$$\frac{q}{G_d} = \frac{60}{95} = \frac{2^2 \cdot 3 \cdot 5}{5 \cdot 19} = \frac{12}{19}.$$

Se amplifică fracția cu 2 și se obțin valorile $q=24$ și $G_d=38$. Se rotește manivela cu 24 găuri pe cercul cu 38 găuri. Între lamele indicatorului vor fi 39 găuri.

5. Să se facă calculul de divizare pentru $z_p=79$ diviziuni, pe un cap divizor universal cu discuri, CD1 tabelul 2.10, avînd $i_{cd}=40$.

Rezolvare. Divizarea indirectă simplă nu este posibilă deoarece 79 este număr prim, nu se simplifică cu 40, iar în setul de discuri divizoare ale capului divizor CD1 nu există un disc cu $G_d=79$.

Se face calculul pentru divizarea indirectă diferențială, folosind relațiile (7.12) și (7.13). Se alege $z_x=80$ și se determină cu (2.12) o fracție ordinară simplă. Astfel,

$$\frac{q}{G_d}=\frac{40}{80}=\frac{2^3\cdot 5}{2^4\cdot 5}=\frac{1}{2},$$

de unde, prin amplificare cu 8 se obține

$$\frac{q}{G_d}=\frac{8}{16}.$$

Acest raport se poate obține și direct, făcînd simplificarea astfel, încît la numitor să rămînă numărul 16, număr de găuri existent pe unul din discurile divizoare ale capului divizor CD1 (tabelul 2.10). De asemenea, amplificînd raportul 1/2 cu 9, respectiv 10, se pot folosi discurile cu numerele de găuri: 18 sau 20.

Calculul roților de schimb. Aplicînd relația (2.13) se obține

$$\frac{A}{B}=\pm\frac{40}{80}(80-79)=\pm\frac{1}{2}(+1)=+\frac{1}{2},$$

de unde, prin amplificarea fracției 1/2 cu 20, se obține

$$\frac{A}{B}=+\frac{20}{40},$$

$A=20$ și $B=40$, roți existente în setul mașinii (tabelul 2.10 coloana *3*, pentru capul divizor CD1). Semnul plus indică montarea roților de schimb cu o intermediară (fig. 2.4), pentru a avea același sens de rotație. Raportul de transmitere 1/2 poate fi realizat cu roțile: 25 cu 50; 30 cu 60; 35 cu 70;

40 cu 80; și 50 cu 100. De altfel se observă că, în acest caz, roțile 40/80 apar direct fără alte calcule.

6. Să se facă calculul de divizare pentru $z_p=83$ diviziuni, pe un cap divizor universal cu discuri, CD2 tabelul 2.10, avînd $i_{cd}=40$.

Rezolvare. Din motivele arătate în problema precedentă se trece direct la calculul pentru divizarea indirectă diferențială. Considerînd $z_x=82$, din (2.12) se obține

$$\frac{q}{G_d}=\frac{40}{82}=\frac{2^3\cdot 5}{2\cdot 41}=\frac{20}{41},$$

din care au rezultat direct $q=20$ și $G_d=41$, cerc existent pe discurile divizoare (tabelul 2.10).

Calculul roților de schimb cu (2.13) conduce la

$$\frac{A}{B}=\pm\frac{40}{82}(82-83)=-\frac{40}{82}=-\frac{20}{41},$$

de unde alegerea unor roți de schimb este imposibilă, deoarece nu există roată cu 41 de dinți și nici un multiplu al acesteia.

Se alege $z_x=84$ și se fac din nou calculele cu (2.12) și (2.13):

$$\frac{q}{G_d}=\frac{40}{84}=\frac{2^3\cdot 5}{2^3\cdot 3\cdot 7}=\frac{10}{21}=\frac{20}{42};$$

$$\frac{A}{B}=\pm\frac{40}{84}(84-83)=+\frac{10}{21}=+\frac{2}{3}\frac{5}{7}=+\frac{32}{48}\frac{40}{56}.$$

Din prima formulă au rezultat: $q=20$ și $G_d=42$, cerc existent în setul discurilor divizoare, iar din a doua formulă au rezultat roțile: $A=32$; $B=48$; $C=40$ și $D=56$. Montajul roților de schimb se face ca în figura 2.7, din care se vede că este îndeplinită și condiția impusă de semnul plus, adică roțile A și D au același sens de rotație.

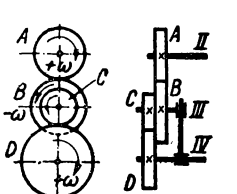


Fig. 2.7. Montarea roților de schimb în două perechi

7. Să se facă calculul de divizare pentru $z_p=127$ diviziuni, pe un cap divizor universal cu discuri, CD4 tabelul 2.10, avînd $i_{cd}=60$.

Rezolvare. Se folosește divizarea diferențială. Considerînd $z_x=128$, din (2.12) se obține

$$\frac{q}{G_d}=\frac{60}{128}=\frac{2^2\cdot 3\cdot 5}{2^7}=\frac{15}{32},$$

de unde se vede că problema nu poate fi rezolvată, deoarece în setul de discuri (tabelul 2.10) nu există $G_d=32$ și nici un multiplu al acestuia. La fel se întîmplă considerînd $z_x=126$, deoarece din (2.12) se obține

$$\frac{q}{G_d}=\frac{60}{126}=\frac{2^2\cdot 3\cdot 5}{2\cdot 63}=\frac{30}{63},$$

$G_d=63$ nefiind în setul de discuri divizoare.

Pentru $z_x=130$ se obține

$$\frac{q}{G_d}=\frac{60}{130}=\frac{2^2\cdot 3\cdot 5}{2\cdot 5\cdot 13}=\frac{6}{13},$$

de unde, prin amplificare cu 3 se obțin $q=18$ și $G_d=39$, cerc existent în garnitura de discuri divizoare.

Calculul roților de schimb se face cu (2.13), adică:

$$\frac{A}{B}=\pm\frac{60}{130}(130-127)=\frac{6}{13}(+3)=+\frac{18}{13},$$

care conduce, prin amplificare cu 5, la $A=90$ și $B=65$, semnul plus indicînd montarea roților de schimb cu o intermediară, ca în fig. 2.4.

2.3.3. **Calcule de reglare la frezare**

1. Să se determine formula de calcul al roților de schimb pentru frezarea elicelor pe mașinile de frezat orizontale cu masa în consolă.

Rezolvare. Frezarea canalelor elicoidale pe mașinile de frezat, printre care și dinții înclinați ai roților dințate, se efectuează cu ajutorul unui cap divizor, montat pe masa mașinii, fig. 2.8, care asigură piesei o mișcare de rotație. Miș-

carea frezei pe elice se obține prin combinarea mișcărilor de rotație, n_p și respectiv v_s (fig. 2.8).

Capul divizor este legat de șurubul conducător al mesei, de la care primește mișcarea, prin roțile de schimb A—B.

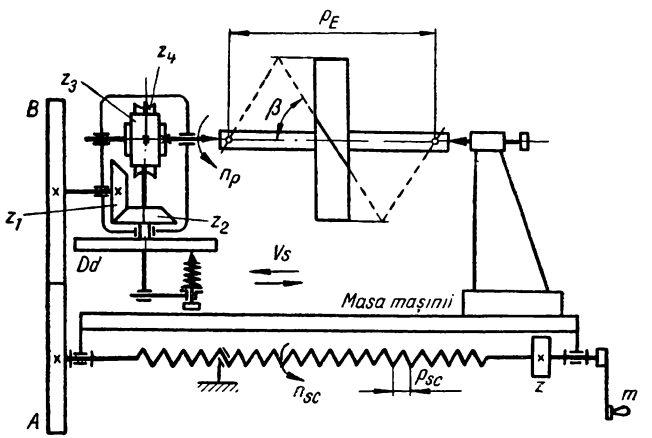


Fig. 2.8. Schema cinematică parțială la frezarea canalelor elicoidale

Raportul de transmitere al roților de schimb se calculează din ecuația lanțului cinematic

$$n_p = n_{sc} \frac{A}{B} \frac{z_1}{z_2} \frac{z_3}{z_4},$$

de unde

$$\frac{A}{B} = \frac{n_p}{n_{sc}} \frac{z_2}{z_1} \frac{z_4}{z_3}.$$

Pe de altă parte este cunoscut că:

$$\frac{n_p}{n_{sc}} = \frac{p_{sc}}{p_E}, \quad \frac{z_2}{z_1} = 1; \quad \frac{z_4}{z_3} = i_{cd},$$

și ținînd seamă de aceste relații formula de calcul al roților de schimb devine

$$\frac{A}{B} = i_{cd} \frac{p_{sc}}{p_E}.$$

Pentru frezarea unui canal elicoidal, pe o piesă cilindrică de diametru d, masa mașinii de frezat se rotește cu unghiul β făcut de tangenta la canal cu axa piesei, dat de relația (2.15).

2. Să se calculeze roțile de schimb și unghiul de rotire a mesei în planul orizontal la frezarea unui canal elicoidal pe mașina de frezat FU-1, fiind cunoscute: $p_E=1\,200$ mm; $p_{sc}=6$ mm; $i_{cd}=40$ (CD3 tabelul 2.10) și $d_p=150$ mm.

Rezolvare. Se aplică formula (2.14) și se obține

$$\frac{A}{B}=40\,\frac{6}{120}=2=\frac{80}{40}.$$

Cu (2.15) se calculează unghiul de rotire a mesei

$$\operatorname{tg}\beta=\frac{\pi 150}{1\,200}=0{,}392500.$$

Din tabele trigonometrice [9] se obține

$$\beta=21°25'48''.$$

3. Să se determine roțile de schimb, unghiul de rotire, discul divizor și numărul de găuri q pentru un dinte la frezarea unei roți dințate cu dinți elicoidali, folosind o mașină de frezat FU-1 și un cap divizor universal cu discuri (CD3 tabelul 2.10), fiind date: $z_p=32$ dinți; $p_E=800$ mm; $m_n=3$ mm; $i_{cd}=40$ și $p_{sc}=6$ mm.

Rezolvare. Capul divizor se montează ca în figura 2.8. Se calculează roțile de schimb cu (2.14)

$$\frac{A}{B}=40\,\frac{6}{800}=\frac{3}{10}=\frac{30}{100}.$$

Din (2.16)

$$\sin\beta=\frac{\pi 3\cdot 32}{800}=0{,}376800,$$

de unde, prin interpolare, se obține

$$\beta=22°8'6''.$$

Calculul de divizare. Se aplică formula (2.11)

$$\frac{q}{G_d} = \frac{40}{32} = \frac{2^3 \cdot 5}{2^5} = \frac{5}{4} = 1 + \frac{1}{4} = 1 + \frac{6}{24}$$

de unde $q=6$; $G_d=24$.

4. Să se determine formula de calcul al roților de schimb la frezarea unei came spirale, folosind capul divizor.

Rezolvare. Capul divizor se montează pe masa mașinii ca în fig. 2.9. Legătura dintre piesă și șurubul conducător al mesei se face prin roțile de schimb A—B. Curba spirală după care se face frezarea camei rezultă din combinația mișcărilor de rotație a piesei n_p și rectilinie a mesei v_s (fig. 2.9).

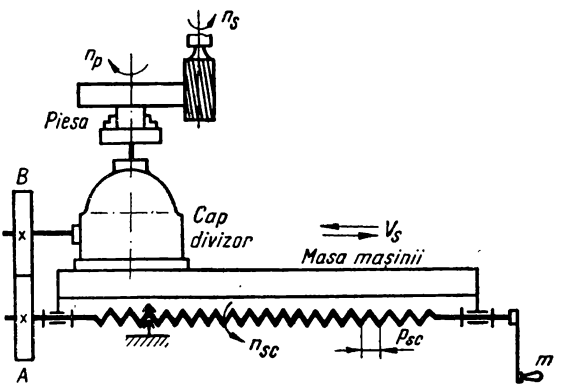


Fig. 2.9. Prelucrarea camelor spirale

Se scrie ecuația lanțului cinematic, considerînd pentru capul divizor aceleași rapoarte de transmitere (fig. 2.8),

$$n_p = n_{sc} \frac{A}{B} \frac{z_1}{z_2} \frac{z_3}{z_4},$$

de unde

$$\frac{A}{B} = \frac{n_p}{n_{sc}} \frac{z_2}{z_1} \frac{z_4}{z_3}.$$

În mod obișnuit, pentru capul divizor, $\frac{z_2}{z_1} = 1$, iar $\frac{z_4}{z_3} = i_{cd}$ — caracteristica capului divizor.

Ținînd seama de (2.17) se obține

$$\frac{A}{B} = i_{cd} \frac{p_{sc}}{p_{sp}} .$$

5. Să se calculeze roțile de schimb la frezarea unei came spirale pe mașina de frezat FU-1, fiind cunoscute : $p_{sp}=132$ mm și $p_{sc}=6$ mm. Prelucrarea se face cu ajutorul capului divizor CD3, avînd $i_{cd}=40$.

Rezolvare. Se aplică formula (2.18) și se obține

$$\frac{A}{B} = 40 \frac{6}{132} = \frac{2^4 \cdot 3 \cdot 5}{2^2 \cdot 3 \cdot 11} = \frac{20}{11} = \frac{100}{55} ,$$

roțile de schimb fiind $A=100$ și $B=55$.

3. MAȘINI DE GĂURIT ȘI ALEZAT

3.1. MAȘINI DE GĂURIT

Destinația mașinilor de găurit este de a executa, lărgi, adînci, aleza și fileta găuri de diferite dimensiuni. Domeniul de utilizare al acestor mașini este determinat de numărul de rotații ale sculei așchietoare și de valoarea maximă a diametrului găurii care se poate prelucra.

3.1.1. Notații folosite

h este adîncimea găurii, mm ;
h_i — depășirea la intrarea burghiului în material, mm ;
h_e — depășirea la ieșirea burghiului din material, mm ;
T_b — timpul de bază, min ;
n_s — turația burghiului (arborelui principal), rot/min ;
s_a — avansul burghiului, mm/rot ;
d_s — diametrul burghiului, mm ;
v_a — viteza de așchiere efectivă, m/min ;
v_{eT_1}, v_{eT_2} — viteza optimă de așchiere pentru durabilitatea T_1 și respectiv T_2, m/min ;

T_1, T_2 — durabilitatea burghiului, min;
m — exponent funcție de materialul de prelucrat;
P_t — puterea totală necesară la găurire, kW.

3.1.2. Formule de calcul

$$T_b = \frac{h+h_1+h_e}{n_s s_a} \text{ [min]}; \tag{3.1}$$

$$h_1 = \frac{d_s}{2} \operatorname{ctg} \varkappa \text{ [mm]}. \tag{3.2}$$

3.1.3. Probleme rezolvate

3.1.3.1. Calculul regimului, al momentului și al forței de așchiere

1. Să se determine regimul de așchiere la prelucrarea unei găuri Ø 20 de lungime 70 mm în OL 42 pe mașina de găurit G40. Burghiul este din oțel rapid iar sistemul mașină de găurit-piesă-sculă are o rigiditate medie.

Rezolvare. Din tabelul 1.22 se determină avansul egal cu 0,43 mm/rot. Această valoare se corectează cu $K_{hs}=0,9$ cu $K_\varrho=0,75$ (vezi nota la tabelul 1.22) și rezultă

$$s_a = 0,43 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 0,289 \text{ [mm/rot]}.$$

Se alege avansul $s_a=0,30$ mm/rot existent la mașina de găurit G40.

Din tabelele 1.23 ... 1.26 se determină: $C_v=7$; $z_v=0,4$; $x_v=0$; $y_v=0,5$; $m=0,2$; $K_m=1,07$; $K_{ms}=1$; $K_h=0,92$ (valoarea determinată din tabelul 1.26 prin interpolare). Cu aceste valori și $T=45$ min (tabelul 3.1), din (1.29) și (1.28), folosind tabelul 1.16, se obține:

$$K_v = 1,07 \cdot 0,92 = 0,98;$$

$$v_e = \frac{7 \cdot 20^{0,4} \cdot 0,98}{45^{0,2} \cdot 10^0 \cdot 0,3^{0,5}} = \frac{7 \cdot 3,32 \cdot 0,98}{2,139 \cdot 1 \cdot 0,547} = 20 \text{ [m/min]}.$$

Înlocuind D_0 cu d_s, n_p cu n_s și v_a cu v_e din (1.3) rezultă

$$n_s = \frac{1\,000 \cdot 20}{\pi 20} = 318 \text{ [rot/min]}.$$

Se alege $n_s = 252$ rot/min, turație existentă la mașina de găurit G40.

2. Să se stabilească regimul de așchiere, la prelucrarea unei găuri pătrunse fiind cunoscute : $d_s = 30$ mm ; $h = 100$ mm ; burghiu din oțel rapid având $2\varkappa = 116°$; materialul piesei Fc 20 ; sistemul mașină-piesă-sculă are rigiditate medie. Găurirea se execută pe mașina G40.

Rezolvare. Din tabelul 1.22 se determină avansul 1,10 mm/rot, care multiplicat cu $K_{hs} = 0{,}9$ și $K_\varrho = 0{,}5$ (vezi nota la tabelul 1.22) se reduce la

$$s_a = 1{,}10 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}5 = 0{,}495 \text{ [mm/rot]}.$$

Se lucrează cu avansul $s_a = 0{,}435$ mm/rot existent la mașina de găurit G40.

Cu coeficienții : $C_v = 17{,}1$; $z_v = 0{,}25$; $x_v = 0$; $y_v = 0{,}4$; $m = 0{,}125$; $K_m = 1{,}0$; $K_{ms} = 1{,}0$; $K_h = 0{,}75$ (tabelele 1.23 ... ... 1.26), $T = 50$ min (tabelul 3.1) și $t = \frac{30-20}{2} = 5$ mm din (1.28) și (1.29), folosind tabelul 1.16, rezultă :

$$v_e = \frac{17{,}1 \cdot 30^{0{,}25} \cdot 0{,}75}{50^{0{,}125} \cdot 5^0 \cdot 0{,}435^{0{,}4}} = \frac{17{,}1 \cdot 2{,}34 \cdot 0{,}75}{1{,}63 \cdot 1 \cdot 0{,}72} = 25{,}6 \text{ [m/min]}.$$

Pentru realizarea acestei viteze este necesară turația (1.3)

$$n_s = \frac{1\,000 \cdot 25{,}6}{\pi 30} = 273 \text{ [rot/min]}.$$

Din cartea mașinii se alege $n_s = 252$ rot/min.

3. Să se determine timpul de bază și durabilitatea reală a burghiului la prelucrarea găurii din problema precedentă.

Rezolvare. Din (3.2) rezultă

$$h_l = \frac{30}{2} \operatorname{ctg} 58° = 9{,}4 \text{ mm}.$$

Deoarece $h_e = h_i$ din (1.3) se obține

$$T_b = \frac{100+9,4+9,4}{252 \cdot 0,435} = 1,08 \text{ [min]}.$$

Viteza de așchiere efectivă (1.3) este

$$v_a = \frac{\pi 30 \cdot 252}{1\,000} = 24,5 \text{ [m/min]}.$$

Menținînd constanți toți coeficienții din (1.28), în afară de durabilitate, se poate scrie

$$\frac{v_{eT_1}}{v_{eT_2}} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^m \text{ (vezi problema 2 din § 1.1.3.1.).}$$

Pentru $v_{eT_1} = 25,5$; $v_{eT_2} = v_a = 24,5$; $T_1 = 50$ min; $m = 0,125$ se obține

$$T_2 = \left(\frac{v_{eT_1}}{v_{eT_2}}\right)^{\frac{1}{m}} T_1 = \left(\frac{25,6}{24,5}\right)^{\frac{1}{0,125}} 50 = 72 \text{ [min]}.$$

Se observă că micșorarea vitezei de așchiere cu 1,1 m/min duce la mărirea durabilității cu 44%.

4. Să se determine momentul și forța axială de așchiere la prelucrarea găurii din problema 2 și să se verifice posibilitatea realizării acestei operații pe mașina G40.

Rezolvare. Cu valorile coeficienților: $C_M = 0,021$; $z_M = 2,0$; $y_M = 0,8$; $C_F = 42,7$; $z_F = 1,0$; $y_F = 0,8$; $K_M = 1,0$ (tabelele 1.27 și 1.28) din (1.30) și (1.31), folosind tabelul 1.16, rezultă:

$$M = 9,8 \cdot 0,021 \cdot 30^2 \cdot 0,435^{0,8} = 9,8 \cdot 0,021 \cdot 900 \cdot 0,515 = 90,5 \text{ [Nm]};$$

$$F_X = 9,8 \cdot 42,7 \cdot 30 \cdot 0,435^{0,8} = 9,8 \cdot 42,7 \cdot 30 \cdot 0,515 = 6\,480 \text{ [N]}.$$

Considerînd $\eta_p = \eta_s = 0,8$ din (1.32) și (1.11) se obțin puterile:

$$P_a = \frac{90,5 \cdot 252}{9,8 \cdot 975 \cdot 0,8} = 2,98 \text{ [kW]};$$

$$P_s = \frac{6\,480 \cdot 252 \cdot 0,435}{9,8 \cdot 6,12 \cdot 10^6 \cdot 0,8} = 0,0147 \text{ [kW]}.$$

Puterea totală necesară este

$$P_t = P_a + P_s = 2{,}98 + 0{,}014 = 2{,}99 \text{ [kW]}.$$

Se constată că puterea instalată la mașină de 4,5 kW nu este folosită integral.

5. Să se stabilească regimul optim de așchiere și timpul de bază la lărgirea unei găuri de la Ø 37 la Ø 40 cu adîncimea de 50 mm executată în OLC 60. Lărgitorul confecționat din oțel rapid are $\varkappa = 60°$.

Rezolvare. Din tabelul 3.1 se determină avansul $s = 1$ mm/rot.

Tabelul 3.1

Avansurile la lărgire și adîncire

Diametrul sculei, mm	Materialul de prelucrat		
	Oțel	Fontă $H \leqslant 200$, aliaje cupru	Fontă $HB > 200$
	Avansul, mm/rot		
15	0,5—0,6	0,7—0,9	0,5—0,6
15—20	0,6—0,7	0,9—1,1	0,6—0,7
20—25	0,7—0,9	1,0—1,2	0,7—0,8
25—30	0,8—1,0	1,1—1,3	0,8—0,9
30—35	0,9—1,1	1,2—1,5	0,9—1,0
35—40	0,9—1,2	1,4—1,7	1,0—1,2
40—50	1,0—1,3	1,6—2,0	1,2—1,4
50—60	1,1—1,3	1,8—2,2	1,3—1,5
60—80	1,2—1,5	2,0—2,4	1,4—1,7

Notă: 1. Avansurile la limita superioară se folosesc la materiale mai dure iar cele la limita inferioară la materiale mai moi.

2. La lărgirea găurilor înfundate se recomandă avansul 0,3—0,6 mm/rot.

3. Tabelul este întocmit pentru o lărgire ulterioară și o alezare sau două alezări. Precizia obținută este clasa 5.

4. Pentru o calitate superioară a suprafeței prelucrate sau precizia găurii în clasele 3—4, avansurile din tabel se înmulțesc cu 0,7.

Înlocuind coeficienții: $C_v = 16{,}2$; $z_v = 0{,}4$; $x_v = 0{,}2$; $y_v = 0{,}5$; $m = 0{,}2$; $K_m = 1{,}13$; $K_{ms} = 1$; $K_h = 1$ [(tabelele

1.23...1.26), $T=70$ min (tabelul 3.2) și $t=\frac{40-37}{2}=1,5$ mm în (1.29) și (1.28), folosind tabelul 1.16, rezultă:

$$v_e=\frac{16,2\cdot 40^{0,4}\cdot 1,13}{70^{0,2}\cdot 1,5^{0,2}\cdot 1^{0,5}}=\frac{16,2\cdot 4,37\cdot 1,13}{2,339\cdot 1,09\cdot 1}=31,5 \text{ [m/min]}.$$

Tabelul 3.2

Durabilitatea medie la burghie, lărgitoare și alezoare

Scula	Materialul prelucrat	Materialul sculei	Diametrul sculei, mm						
			≤5	6—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60
			Durabilitatea T, min						
Burghie	Oțel laminat și turnat	Rp 3	15	25	45	50	70	90	110
	Fontă și aliaje de cupru	Rp 3, VK 8	6	8	15	25	—	—	—
Adîncitor	Oțel laminat și turnat	Rp 3, T 15 K 6	—	—	30	40	50	60	80
	Fontă	Rp 3, VK 6	—	—	30	40	50	60	80
Alezoare	Oțel laminat și turnat	Rp 3	—	—	40	80	80	120	120
		T 15 K 6	—	20	30	50	70	90	110
	Fontă	Rp 3	—	—	60	120	120	180	180
		VK 8	—	—	45	75	105	135	165

Din (1.3) înlocuind D_0 cu d_s, n_p cu n_s și v_a cu v_e se obține turația burghiului

$$n_s=\frac{100\cdot 31,5}{\pi\cdot 40}=786 \text{ [rot/min]}.$$

Timpul de bază se determină cu (3.1) în care h_l este dat de (3.2) iar $h_e=1...3$ mm. Pentru $h_e=2$ mm și $h_l=1,5 \operatorname{ctg} 60°=0,86$ mm se obține

$$T_b=\frac{50+0,86+2}{786\cdot 1}=0,67 \text{ [min]}.$$

6. Să se stabilească regimul de așchiere la lărgirea unei găuri pătrunse fiind cunoscute: diametrul inițial 47,5 mm;

diametrul după lărgire 49,5 mm; h=60 mm; materialul de prelucrat Fc 20; lărgitor armat cu plăcuță VK8. Se cere o calitate bună a suprafeței iar alezajul prelucrat să se încadreze în clasa 3 de precizie.

Rezolvare. Avansul egal cu 1,8 mm/rot (tabelul 3.1) se înmulțește cu 0,7 pentru a obține o gaură în clasa 3 de precizie și o calitate superioară a suprafeței prelucrate. Se obține astfel $s_a = 1{,}8 \cdot 0{,}7 = 1{,}26$ mm/rot.

Din tabelele 1.23 ... 1.26 se găsesc valorile coeficienților: $C_v = 56{,}9$; $z_v = 0{,}5$; $x_v = 0{,}15$; $y_v = 0{,}45$; $m = 0{,}4$; $K_m = 1$; $K_{ms} = 1$; $K_h = 1$.

Pentru $t = \frac{49{,}5 - 47{,}5}{2} = 1$ mm și T=60 min (tabelul 3.2) din (1.29) și (1.28) rezultă:

$$K_v = 1;$$

$$v_e = \frac{56{,}9 \cdot 49{,}5^{0{,}5}}{60^{0{,}4} \cdot 1^{0{,}15} \cdot 1{,}26^{0{,}45}} = \frac{56{,}9 \cdot 6{,}357}{5.14 \cdot 1 \cdot 1.104} = 78 \text{ [m/min]}.$$

Turația corespunzătoare acestei viteze este

$$n_s = \frac{1\,000 \cdot 78}{\pi\, 49{,}5} = 500 \text{ [rot/min]}.$$

3.1.3.2. Cinematica mașinilor de găurit

1. Să se calculeze turațiile mașinii de găurit G40 (fig. 3.1).

Rezolvare. Mașina de găurit G40 este dotată cu o cutie de viteze ce poate realiza 12 turații.

Urmărind lanțul cinematic pentru realizarea mișcării principale, se obține pentru turația axului principal relația

$$n = 1\,440\, i' i'' i''',$$

în care i', i'', i''', sînt rapoartele de transmitere variabile realizate de cele trei baladoare.

Datorită faptului că baladorul B_3 poate transmite mișcarea la axul principal atît de la axul V $\left(\text{roțile } \frac{15}{50}\right)$ cît și de la

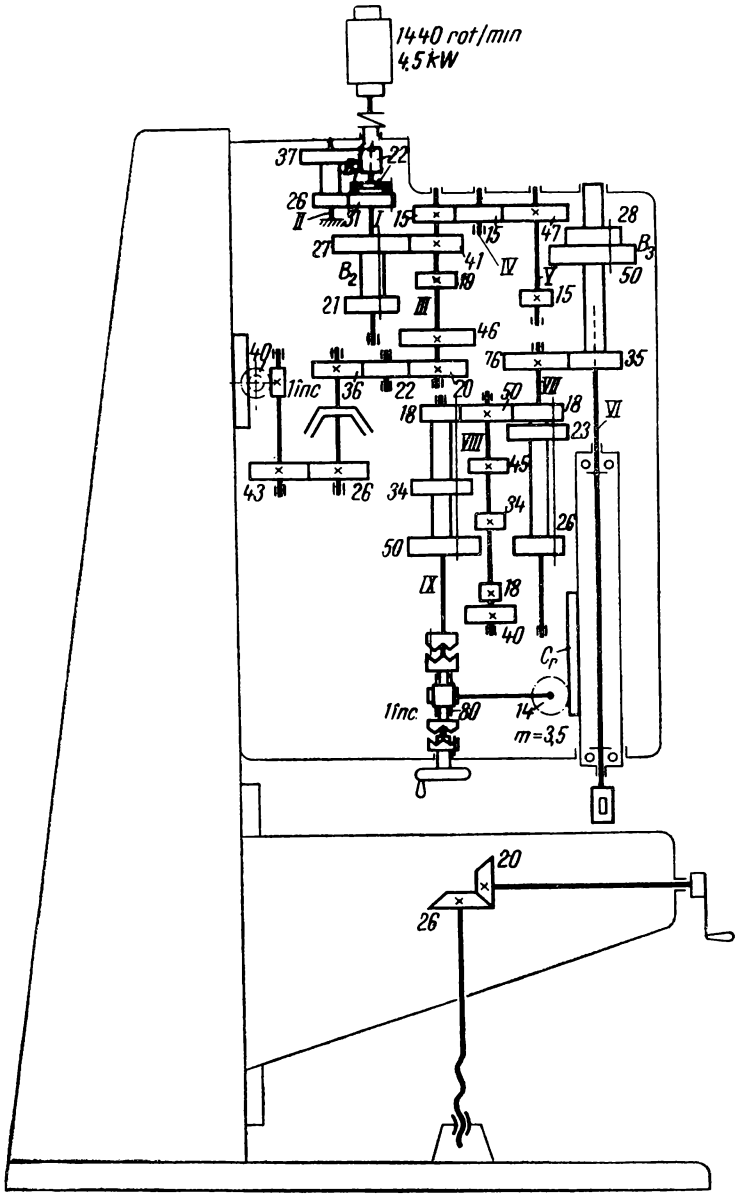


Fig. 3.1. Schema cinematică a mașinii de găurit G40

axul *III* $\left(\text{roțile } \frac{19}{50} \text{ și } \frac{41}{28}\right)$, rapoartele de transmitere variabile au valorile:

$$i'_1=1;\ i'_2=\frac{22}{37}\frac{26}{31};\ i''_1=\frac{22}{41};\ i''_2=\frac{21}{46};\ i'''_1=\frac{15}{47}\frac{15}{50};$$

$$i'''_2=\frac{19}{50};\ i'''_3=\frac{41}{28}\cdot$$

Înlocuind valorile acestor rapoarte în relația generală se găsesc turațiile: 31,5; 45,5; 63; 91; 126; 180; 252; 360; 483; 695; 1 390.

2. Să se determine valoarea avansurilor minim și maxim la mașina de găurit G40.

Rezolvare. La mașina de găurit G40 se pot realiza 9 avansuri așezate în progresie geometrică cu rația $\varphi=1{,}41$.

Avansul minim realizat prin lanțul cinematic (fig. 3.1) $VI-\frac{35}{76}VII-\frac{18}{50}VIII-\frac{18}{50}IX-\frac{1}{80}X$ — cremaliera C_r are valoarea

$$s_{min}=1\cdot\frac{35}{76}\frac{18}{50}\frac{18}{50}\pi\,14\cdot3{,}5=0{,}11\ \text{[mm/rot]}.$$

Urmărind lanțul cinematic pentru realizarea avansului maxim $\left(VI-\frac{35}{76}VII-\frac{26}{40}VIII-\frac{50}{18}IX-\frac{1}{80}X-\text{cremaliera } C_r\right)$ rezultă

$$s_{max}=1\cdot\frac{35}{76}\frac{26}{40}\frac{50}{18}\frac{1}{80}\pi\,14\cdot3{,}5=1{,}6\ \text{[mm/rot]}.$$

3.2. MAȘINI DE ALEZAT ȘI FREZAT

Mașinile de alezat și frezat sînt destinate prelucrărilor de găurire, alezare, filetare interioară, frezare, strunjire plană etc. Piesele prelucrate pe aceste mașini sînt: carcase, blocuri, batiuri, montanți etc., piese în general mari.

Calculul regimurilor și al forțelor de așchiere este identic cu cel de la găurire, frezare și strunjire.

În cele ce urmează vor fi prezentate unele calcule cinematice pe mașina de alezat și frezat AF85, de construcție românească, a cărei schemă cinematică este prezentată în figura 3.2.

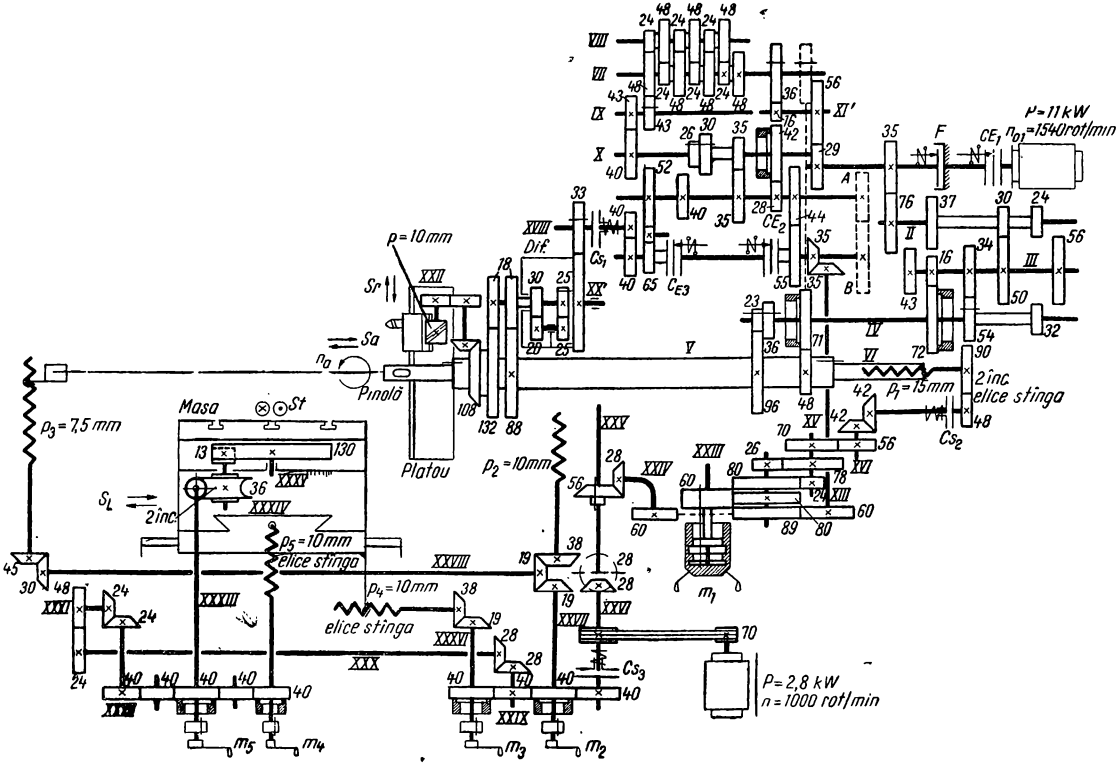


Fig. 3.2. Schema cinematică a mașinii de alezat și frezat AF85

3.2.1. Notații folosite

n_{ap} este turația arborelui principal (pinolei), rot/min;
n_{01} — turația motorului electric principal, rot/min;
i_{cv} — raportul de transmitere total al cutiei de viteze;
i — raport de transmitere parțial (indicii, prin cifre romane, simbolizează între care arbori se face transmiterea);
i_{CA} — raportul de transmitere al cutiei de avansuri;
s_a — avansul axial al pinolei, mm/rot;
s_L — avansul longitudinal al mesei, mm/rot;
s_t — avansul transversal al mesei, mm/rot;
s_r — avansul radial al saniei platoului, mm/rot;
p_a — pasul axial al filetului piesei, mm;
A, B — roți de schimb pentru filetare.

3.2.2. Formule de calcul

$$n_{ap}=n_{01}i_{I-II}i_{cv}\ \text{[rot/min]};\qquad (3.3)$$

$$s_a=\frac{8}{3}i_{CA}\ \text{[mm/rot]};\qquad (3.4)$$

$$i_{cv}=i_{II-III}i_{III-IV}i_{IV-V};\qquad (3.5)$$

$$\frac{A}{B}=\frac{3}{10}\frac{p_a}{i_{CA}}.\qquad (3.6)$$

3.2.3. Probleme rezolvate

1. Să se determine turațiile minimă și maximă ale arborelui principal.

Rezolvare. Ecuația lanțului cinematic principal este (3.3), în care i_{cv} este dat de relația (3.5). Cu această ecuație se calculează oricare din cele 18 turații ale mașinii.

Pentru calculul turației minime se vor considera rapoartele de transmitere care au cele mai mici roți conducătoare. Astfel, aplicînd relația (3.3), se obține

$$n_{ap\,min}=1\,440\frac{35}{76}\frac{24}{56}\frac{16}{72}\frac{23}{96}=15\ \text{[rot/min]},$$

în care au fost considerate rapoartele:

$$i_{I-II}=\frac{35}{76};\quad i_{II-III}=\frac{24}{56};\quad i_{III-IV}=\frac{16}{72}\ \text{și}\ i_{IV-V}=\frac{23}{96}.$$

Turația maximă se calculează, considerînd rapoartele de transmitere care au cele mai mari roți conducătoare. Astfel,

$$n_{ap\ max}=1\,440\,\frac{35}{76}\,\frac{37}{43}\,\frac{56}{32}\,\frac{71}{48}=1\,500\ \text{[rot/min]},$$

unde rapoartele de transmitere folosite sînt: $i_{I-II}=\frac{35}{76}$ (comun); $i_{II-III}=\frac{37}{43}$; $i_{III-IV}=\frac{56}{32}$ și $i_{IV-V}=\frac{71}{48}$.

2. Să se determine valorile maximă și minimă ale avansului axial al pinolei.

Rezolvare. Cursa axială a pinolei (arborele de alezat) este de 700 mm. Deplasarea se poate face într-un sens sau în altul, existînd 16 trepte de avans, cu valori între 0,025 și 4,8 mm/rot.

Avansul axial minim al pinolei este dat de relația:

$$s_{a\ min}=1\ \text{rot. pinolă}\ \frac{48}{71}\,\frac{71}{36}\,\frac{24}{48}\,\frac{24}{48}\,\frac{24}{48}\,\frac{24}{48}\,\frac{24}{48}\,\frac{24}{48}\,\frac{48}{43}$$

$$\frac{43}{40}\,\frac{26}{52}\,\frac{44}{55}\,\frac{35}{35}\,\frac{60}{80}\,\frac{26}{78}\,\frac{70}{56}\,\frac{42}{42}\,\frac{48}{90}\cdot 15=0{,}025\ \text{[mm/rot]},$$

iar avansul axial maxim de relația

$$s_{a\ max}=1\ \text{rot. pinolă}\ \frac{48}{71}\,\frac{71}{36}\,\frac{48}{43}\,\frac{43}{40}\,\frac{42}{28}\,\frac{44}{55}\,\frac{35}{35}\,\frac{60}{80}\,\frac{26}{78}\,\frac{70}{56}\,\frac{42}{42}\,\frac{48}{90}\cdot$$

$$\cdot 15=4{,}8\ \text{[mm/rot]}.$$

Schimbarea sensului de deplasare a pinolei, cu aceleași valori ale avansului, se face prin inversorul cu roți dințate și cuplaje electromagnetice, plasat între arborii *XI* și *XII*. Deplasarea într-un sens se face prin roțile *44/55*, cuplajul *CE2* fiind închis, iar deplasarea în celălalt sens prin roțile $\frac{52}{37}\,\frac{37}{65}$, cuplajul *CE3* închis. Se vede ușor că aceste rapoarte de trans-

mitere sînt egale cu 4/5, inversorul avînd doar rolul de inversare de sens cu ajutorul roții intermediare cu 37 dinți.

Analizînd cele două relații ale avansului axial al pinolei se constată că ceea ce modifică valoarea avansului este raportul de transmitere al cutiei de avansuri i_{CA}, relațiile avînd o serie de rapoarte de transmitere comune.

Astfel, toate valorile avansului axial se pot obține cu o formulă comună care este (3.4), în care se introduce unul din cele 16 rapoarte de transmitere ale cutiei de avansuri din tabelul 3.3.

Tabelul 3.3

Valorile rapoartelor de transmitere ale cutiei de avansuri a mașinii AF 85

Nr. raportului de transmitere	Raportul exprimat în factori primi	Valoarea raportului	Nr. raportului de transmitere	Raportul exprimat în factori primi	Valoarea raportului
i_{CA1}	$\frac{3}{5}\,\frac{1}{2^7}$	0,0046875	i_{CA9}	$\frac{3}{5}\,\frac{1}{2^3}$	0,075
i_{CA2}	$\frac{3^2}{5}\,\frac{1}{2^8}$	0,00703125	i_{CA10}	$\frac{3^2}{5}\,\frac{1}{2^4}$	0,1125
i_{CA3}	$\frac{3}{5}\,\frac{1}{2^6}$	0,009375	i_{CA11}	$\frac{3}{5}\,\frac{1}{2^2}$	0,15
i_{CA4}	$\frac{3^2}{5}\,\frac{1}{2^7}$	0,0140625	i_{CA12}	$\frac{3^2}{5}\,\frac{1}{2^3}$	0,225
i_{CA5}	$\frac{3}{5}\,\frac{1}{2^5}$	0,01875	i_{CA13}	$\frac{3}{5}\,\frac{1}{2}$	0,3
i_{CA6}	$\frac{3^2}{5}\,\frac{1}{2^6}$	0,028125	i_{CA14}	$\frac{3^2}{5}\,\frac{1}{2^2}$	0,45
i_{CA7}	$\frac{3}{5}\,\frac{1}{2^4}$	0,0375	i_{CA15}	$\frac{3}{5}$	0,6
i_{CA8}	$\frac{3^2}{5}\,\frac{1}{2^5}$	0,05626	i_{CA16}	$\frac{3^2}{5}\,\frac{1}{2}$	0,9

3. Să se determine valorile maximă și minimă ale avansurilor longitudinal și transversal ale mesei mașinii.

Rezolvare. Se scriu ecuațiile lanțurilor cinematice de avans, longitudinal și transversal, pentru valorile minimă și maximă ale avansului:

$$s_{L\,min} = 1 \text{ rot. pinolă } \frac{48}{71}\frac{71}{36}\frac{24}{48}\frac{24}{48}\frac{24}{48}\frac{24}{48}\frac{24}{48}\frac{24}{48}\frac{48}{43}\frac{43}{40}\frac{26}{52}\frac{44}{55}$$

$$\frac{35}{35}\frac{60}{80}\frac{80}{60}\frac{28}{56}\frac{28}{28}\frac{40}{40}\frac{40}{40}\frac{40}{40}\frac{19}{38} \cdot 10 = 0{,}025 \text{ [mm/rot]};$$

$$s_{L\,max} = 1 \text{ rot. pinolă } \frac{48}{71}\frac{71}{36}\frac{48}{43}\frac{43}{40}\frac{42}{28}\frac{45}{55}\frac{35}{35}\frac{60}{80}\frac{80}{60}\frac{28}{56}\frac{28}{28}$$

$$\frac{40}{40}\frac{40}{40}\frac{40}{40}\frac{19}{38} \cdot 10 = 4{,}8 \text{ [mm/rot]};$$

$$s_{t\,min} = 1 \text{ rot. pinolă } \frac{48}{71}\frac{71}{36}\frac{24}{48}\frac{24}{48}\frac{24}{48}\frac{24}{48}\frac{24}{48}\frac{24}{48}\frac{48}{43}\frac{43}{40}\frac{26}{52}\frac{44}{55}\frac{35}{35}$$

$$\frac{60}{80}\frac{80}{60}\frac{28}{56}\frac{28}{28}\frac{40}{40}\frac{40}{40}\frac{28}{28}\frac{24}{48}\frac{24}{24}\frac{40}{40}\frac{40}{40}\frac{40}{40}\frac{40}{40} \cdot 10 =$$

$$= 0{,}025 \text{ [mm/rot]};$$

$$s_{t\,max} = 1 \text{ rot. pinolă } \frac{48}{71}\frac{71}{36}\frac{48}{43}\frac{43}{40}\frac{42}{28}\frac{44}{55}\frac{35}{35}\frac{60}{80}\frac{80}{60}\frac{28}{56}\frac{28}{28}\frac{40}{40}\frac{40}{40}$$

$$\frac{28}{28}\frac{24}{48}\frac{24}{24}\frac{40}{40}\frac{40}{40}\frac{40}{40}\frac{40}{40} \cdot 10 = 4{,}8 \text{ [mm/rot]}.$$

Analizînd ecuațiile scrise se constată că ecuația generală este de asemenea relația (3.4). Această concluzie este valabilă și pentru avansul radial al saniei de pe platou.

4. Să se determine formula de reglare a lanțului de filetare.

Rezolvare. Mașina de alezat și frezat AF85 este construită în variante cu și fără lanț cinematic de filetare. Pe schema cinematică (fig. 3.2) sînt reprezentate cu linie întreruptă roțile de schimb *A—B*, care în varianta mașinii cu lanț de filetare, sînt fixate pe arbori montați în prelungirea arborilor *XI* și *XII*.

Ecuația acestui lanț este

$$p_a = 1 \text{ rot. pinolă} \frac{48}{71}\frac{71}{36} i_{CA} \frac{A}{B}\frac{35}{35}\frac{60}{80}\frac{26}{78}\frac{70}{56}\frac{42}{42}\frac{48}{90} \cdot 15 =$$

$$= \frac{10}{3}\frac{A}{B} i_{CA},$$

de unde

$$\frac{A}{B} = \frac{3}{10}\frac{p_a}{i_{CA}},$$

Roțile de schimb se determină funcție de pasul axial al filetului și de raportul de transmitere al cutiei de avansuri.

Valorile rapoartelor de transmitere ale cutiei de avansuri sînt prezentate în tabelul 3.3.

4. MAȘINI DE RABOTAT ȘI MORTEZAT

Mașinile de rabotat și mortezat sînt destinate prelucrărilor plane și uneori profilate prin mișcarea rectilinie alternativă a piesei sau sculei.

4.1. NOTAȚII FOLOSITE

L este lungimea piesei, mm;
L_l, L_e — depășirile longitudinale, mm;
l — lungimea cursei, mm;
K_1 — coeficientul global de corectare a vitezei la șeping și morteză;
K_s — coeficient de corectare a vitezei la șeping și morteză datorită funcționării cu șocuri;
K_c — coeficient de corectare a vitezei la șeping și morteză funcție de lungimea cursei;
g — numărul de curse duble pe minut, c.d./min;
m — raportul dintre viteza de lucru și cea de mers în gol;
v_g — viteza de mers în gol, m/min;
B — lățimea piesei, mm;
B_l, B_e — depășirile laterale, mm;
P_a — puterea motorului electric, kW;
G_M — greutatea mesei mașinii de rabotat, N;
G_p — greutatea piesei, N;
F — forța dezvoltată la masa mașinii de rabotat, N;
F_r — forța de frecare între masă și ghidaje, N;

β — unghiul de înclinare a suportului, grade;
α — unghiul dintre suprafața prelucrată și verticală, grade;
s_v — avansul vertical al suportului, mm/c.d.;
s_H — avansul orizontal al suportului, mm/c.d.;
v_{tr} — viteza de deplasare a traversei, m/min;
v_{sv} — viteza de avans în direcție verticală, m/min;
v_{sH} — viteza de avans în direcție orizontală, m/min;
K — numărul de dinți cu care este rotită roata de clichet;
s_c — avans circular, grade/c.d.;

4.2. FORMULE DE CALCUL

$$K_1 = K_s K_c; \tag{4.1}$$

$$l = L + L_l + L_e; \tag{4.2}$$

$$g = \frac{1\,000\, v_a}{l\,(1+m)}\ [\text{c.d./min}]; \tag{4.3}$$

$$T_b = \frac{B + B_l + B_e}{g s_H}\ [\text{min}]; \tag{4.4}$$

$$B_l = t \operatorname{ctg} \varkappa\ [\text{mm}]; \tag{4.5}$$

$$m = \frac{v_a}{v_g}; \tag{4.6}$$

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \frac{s_H}{s_v} \cos \alpha. \tag{4.7}$$

4.3. PROBLEME REZOLVATE

4.3.1. Rabotarea

1. Pe șepingul model 736 se prelucrează suprafața plană a unei piese turnate din OT60, fără crustă, la care sînt cunoscute: $B=80$ mm; $l=250$ mm; $t=2$ mm. Sistemul șeping-piesă-sculă este considerat rigid.

Să se aleagă cuțitul și să se determine regimul de așchiere și timpul de bază.

Rezolvare. Din STAS 350-66 se alege cuțitul forma *III* (fig. 4.1) prevăzut cu plăcuță din oțel rapid și având geometria: secțiunea transversală 20×30 mm^2; $f=0{,}8$ mm; $R=30$ mm; $\varkappa=45°$; $\varkappa_1=5°$; $\gamma=20°$; $\alpha=12°$; $\lambda=0°$; $r=2$ mm.

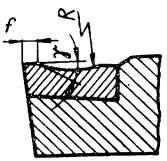


Fig. 4.1. Fața de degajare curbă cu fațetă

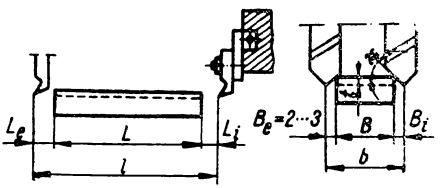


Fig. 4.2. Depășirile la prelucrarea prin rabotare

Pentru rugozitatea suprafeței 6,3 μm în tabelul 4.1 se recomandă $s_H=0{,}5\ldots0{,}7$ mm/c.d. Se va alege $s_H=0{,}67$ mm/c.d., avans ce se poate realiza la șepingul 736.

Lungimea totală a cursei berbecului (fig. 4.2 și tabelul 4.2) dată de (4.2) este $l=240+60=300$ mm.

Tabelul 4.1

Avansurile pentru prelucrarea de finisare la șepinguri și mașini de mortezat

Rugozitatea, μm	Materialul de prelucrat	Unghiul de atac secundar $\varkappa_1$, grade	Avansul s_H, mm/c.d. la lungimea tăișului de trecere, mm		
			1	1—2	2—3
12,5	Oțel și fontă	5—10	0,7—0,8	1,0—1,2	1,0—1,2
		3—4	0,9—1,0	1,2—1,5	1,2—1,5
6,3	Oțel	2—3	0,25—0,4	0,5—0,7	0,7—0,9
	fontă	2—3	0,35—0,5	0,6—0,8	0,9—1,0

Tabelul 4.2

Depășirea cuțitului la raboteză, șeping și morteză

Raboteză			Șeping și morteză	
Lungimea suprafeței de așchiat l, mm	Depășirea la raboteze fără frînare L_i+L_e, mm	Depășirea la raboteze cu frînare L_i+L_e, mm	Lungimea suprafeței de așchiat l, mm	Depășirea L_i+L_e, mm
<2000	<200	150	<100	35
2 000—4 000	200—325	150—245	101—200	50
4 000—6 000	325—400	250—280	201—300	60
6 000—10 000	400—475	300—375	301—500	75

Viteza economică de așchiere se calculează cu (1.1) considerînd valorile coeficienților pentru strunjire longitudinală exterioară.

Considerînd $T=120$ min, din tabelele 1.3 ... 1.10 se determină: $C_v=56$; $x_v=0{,}25$; $y_v=0{,}66$; $m=0{,}125$; $K_T=0{,}87$; $K_m=\left(\frac{73{,}5}{58{,}8}\right)^{1{,}75}=1{,}47$; $K_{n_1}=0{,}97$; $K_h=1{,}0$; $K_r=1{,}0$.

Din (1.2) și (1.1) utilizînd tabelul (1.16) rezultă:

$$K_v=0{,}87\cdot 1{,}47\cdot 0{,}97=1{,}24;$$

$$v_e=\frac{56\cdot 1{,}24}{60^{0{,}125}\cdot 2^{0{,}25}\cdot 0{,}67^{0{,}66}}\approx\frac{56\cdot 1{,}24}{1{,}65\cdot 1{,}19\cdot 0{,}75}=48{,}7\ \text{[m/min]}.$$

Viteza de așchire rezultată se înmulțește cu 0,8 deoarece se lucrează fără răcire (vezi nota la tabelul 1.3) și cu un coeficient $K_1=0{,}8\cdot 0{,}93=0{,}74$, dat de (4.1) pentru $K_s=0{,}8$ și $K_c=0{,}93$ (fig. 4.3).

Viteza economică de așchiere corectată este

$$v_e=48{,}7\cdot 0{,}8\cdot 0{,}74=29\ \text{[m/min]}.$$

Din (4.3) pentru $m=0{,}83$ (valoare dată în cartea mașinii) se obține

$$g=\frac{1\,000\cdot 29}{300\,(1+0{,}83)}=53\ \text{[c.d.]}.$$

Se alege din cartea mașinii $g=52{,}5$ c.d.

Viteza de așchiere efectivă se găsește din (4.3) și este

$$v_a = \frac{52{,}5 \cdot 300\,(1+0{,}83)}{1\,000} = 28{,}7 \text{ [m/min]}.$$

Timpul de bază este dat de (4.4) în care se înlocuiește $B_l = 2 \text{ tg } 45° = 2$ mm (formula (4.5)), iar $B_e = 2$ mm și rezultă

$$T_b = \frac{80+2+2}{52{,}5 \cdot 0{,}67} \approx 2{,}4 \text{ [min]}.$$

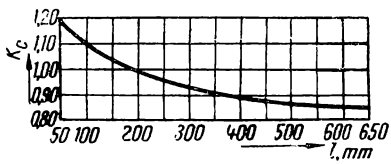


Fig. 4.3. Coeficientul de corectare a vitezei funcție de cursă

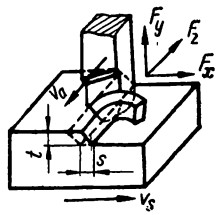


Fig. 4.4. Forțele de așchiere

2. Să se determine forța de așchiere F_z (fig. 4.4) la prelucrarea din problema precedentă.

Rezolvare. Forța F_z este dată de (1.4) în care se înlocuiesc coeficienții pentru strunjire longitudinală exterioară din tabelul 1.12. Pentru cuțit din oțel rapid: $C_{Fz} = 200$; $x_{Fz} = 1{,}0$; $y_{Fz} = 0{,}75$; $n_z = 0$.

La geometria cuțitului determinată în problema precedentă și pentru prelucrarea materialului OT 60, din tabelele 1.13...1.15 rezultă: $K_{mz} = \left(\frac{58{,}8}{73{,}5}\right)^{0{,}75} = 0{,}841$; $K_{\varkappa z} = 1{,}0$; $K_{\lambda z} = 1{,}0$; $K_{rz} = 1{,}0$.

Din (1.7) se obține $K_{Fz} = 0{,}841$.

Înlocuind în (1.4) t, s cu s_H și coeficienții determinați cu ajutorul tabelului 1.16, se obține forța de așchiere

$$F_z = 9{,}8 \cdot 200 \cdot 2 \cdot 0{,}67^{0{,}75} \cdot 0{,}841 =$$

$$= 9{,}8 \cdot 200 \cdot 2 \cdot 0{,}746 \cdot 0{,}841 = 2\,400 \text{ [N]}.$$

Forța maximă dezvoltată de șepingul model 736 este $F_{max} = 412 \cdot 9{,}8 = 4\,040$ N.

Se observă că $F_{max} > F_z$, deci prelucrarea este pe deplin posibilă.

3. Să se determine numărul de curse duble pe minut și timpul de bază la rabotarea unei piese din Fc 20 fiind cunoscute $l=2\,000$ mm; $B=1\,500$ mm; $t=4$ mm; $s_H=1{,}2$ mm/c.d.; $v_a=40$ m/min; $v_g=50$ m/min. Cuțitul are partea aşchietoare din oțel rapid avînd $\varkappa=60°$; $\varkappa_1=10°$; $\lambda=0°$; $\gamma=10°$; $\alpha=12°$; $r=2$ mm.

Rezolvare. Din (4.6) se determină $m=\frac{40}{50}=0{,}8$.

Considerînd că prelucrarea se realizează pe o maşină de rabotat cu frînare la capetele cursei, din tabelul 4.2 se determină $L_l+L_e=150$ mm. Lungimea efectivă a cursei este dată de (4.2) şi are valoarea $l=2\,150$ mm.

Din (4.3) se obține

$$g=\frac{1\,000\cdot 40}{2\,150\,(1+0{,}8)}=10{,}33 \text{ [c.d/min]}.$$

Din (4.5) şi (4.4) rezultă:

$$B_l=4 \operatorname{ctg} 60°=2{,}3 \text{ [mm]};$$

$$T_b=\frac{1\,500+2{,}3+3}{10{,}33\cdot 1{,}2}\approx 125 \text{ [min]}.$$

4. Să se determine forța de aşchiere F_z la prelucrarea suprafeței din problema precedentă şi să se verifice dacă este posibilă prelucrarea pe o maşină de rabotat avînd $P_a=30$ kW. Se cunosc: $G_M=19\,600$ N şi $G_p=14\,700$ N.

Rezolvare. Din tabelele 1.12...1.15 se găsesc: $C_{Fz}=92$; $x_{Fz}=1{,}0$; $y_{F_z}=0{,}75$; $n_z=0$; $K_{mz}=1{,}0$; $K_{\varkappa z}=0{,}98$; $K_{\lambda z}=1{,}0$; $K_{rz}=1{,}0$.

Înlocuind în (1.7) şi (1.4) valorile acestor coeficienți şi folosind tabelul 1.16 se obține:

$$K_{Fz}=0{,}98;$$

$$F_z=9{,}8\cdot 92\cdot 4\cdot 1{,}2^{0{,}75}\cdot 0{,}98=9{,}8\cdot 92\cdot 4\cdot 1{,}146\cdot 0{,}98=4\,050 \text{ [N]}.$$

Din (1.10) considerînd $\eta_p=0,7$ și înlocuind F_z cu F rezultă

$$F=\frac{9,8\cdot 6\,120\cdot 0,7\cdot 30}{40}=31\,400\ [\text{N}].$$

Pentru $G_M=19\,600$ N și $G_p=14\,700$ N din tabelul 4.3 se găsește $F_r=1\,750$ N.

Tabelul 4.3

Valorile forțelor de frecare pe ghidajele rabotezei F_r, N

Greutatea masei G_M, N	Greutatea piesei și a dispozitivului G_p, N			
	4 900	9 800	14 700	19 600
4 900	490	735	980	1 225
9 800	735	980	1 225	1 470
14 700	980	1 225	1 470	1 715
19 600	1 225	1 470	1 750	1 960
29 400	1 750	1 960	2 205	2 450

Deoarece $F_z+F_r=4\,050+1\,750=5\,800<F=31\,400$ N, prelucrarea pe mașina de rabotat avînd $P_a=30$ kW este posibilă.

5. Să se prelucreze prin rabotare suprafața înclinată A la piesa din fig. 4.5. Mașina de rabotat are următoarele caracteristici: $\beta_{max}=\pm 45°$; $s_v/s_H=1,5$.

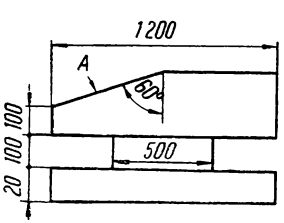


Fig. 4.5. Piesă de prelucrat

Rezolvare. Deoarece β_{max} este mai mic decît α, prelucrarea suprafeței A nu este posibilă numai prin înclinarea suportului vertical al mașinii. De aceea se va lucra simultan cu ambele mișcări de avans ale suportului (s_v și s_H) și în același timp acesta se va înclina cu unghiul β (fig. 4.6, *a*).

Formula pentru calculul unghiului β se deduce aplicînd legea sinusului în triunghiul A,B,C, (fig. 4.6, *b*),

$$\frac{s_H}{\sin(\alpha-\beta)}=\frac{s_v}{\sin(90-\alpha)},\qquad (4.7,1)$$

iar din (4.7,1) rezultă

$$\sin(\alpha-\beta)=\frac{s_H}{s_v}\cos\alpha. \qquad (4.7,2)$$

Determinînd β din (4.7,2) și înlocuind $\alpha=60°$ și $s_v/s_H=1,5$ se obține

$$\beta=60°-\arcsin\left(\frac{\cos 60°}{1,5}\right)=60°-19°30'=40°30'.$$

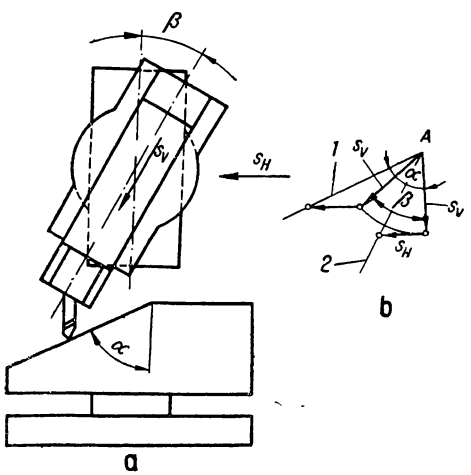


Fig. 4.6. Prelucrarea suprafeței înclinate
a — poziția suportului; *b* — determinarea unghiului ; *1* — suprafața de prelucrat; *2* — direcția de deplasare a cuțitului pentru β=0

Deci pentru prelucrarea suprafeței înclinate *A* se lucrează simultan cu ambele avansuri ale suportului și în același timp suportul se înclină cu unghiul 40°30′ în direcția înclinării suprafeței (fig. 4.6). Sensul celor două avansuri trebuie să fie în așa fel ales încît unghiul direcției de deplasare a sculei să aibă același sens cu cel al suprafeței de prelucrat.

6. Să se determine unghiul și direcția de înclinare a suportului la prelucrarea suprafeței *A* din problema precedentă, fiind cunoscute $\beta_{max}=\pm 45°$; $s_v/s_H=0,5$.

Rezolvare. Cînd ambele mișcări de avans sînt transmise la suportul neînclinat, unghiul pe care îl face direcția de deplasare a sculei cu orizontala (fig. 4.7, *b*) este

$$\alpha' = \text{arc tg}\frac{s_H}{s_v} = \text{arc tg}\frac{1}{1{,}5} \approx 63°30'.$$

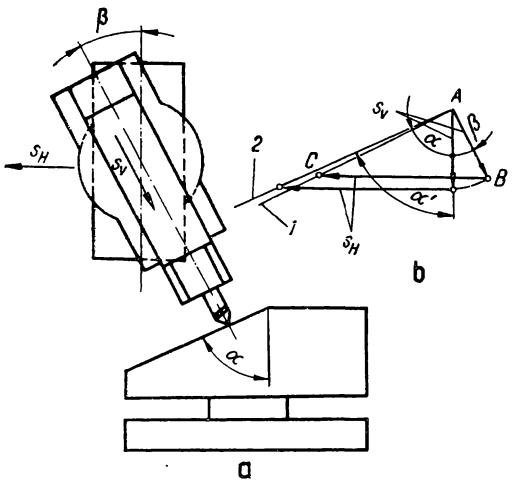


Fig. 4.7. Prelucrarea suprafețelor înclinate cu $\alpha < \alpha' < \beta_{max}$:
a — poziția suportului; *b* — determinarea unghiului β; *1* — suprafața de prelucrat; *2* — direcția de deplasare a cuțitului pentru =0

Deci pentru a se prelucra suprafața *A*, la care $\alpha = 60° < \alpha'$, este necesar ca suportul să fie înclinat cu unghiul β (fig. 4.7, *a*). Aplicînd legea sinusului în triunghiul *ABC* (figura 4.7, *b*) rezultă:

$$\frac{s_H}{\sin(\alpha+\beta)} = \frac{s_v}{\sin(90-\alpha)},$$

$$\sin(\alpha+\beta) = \frac{s_H}{s_v}\cos\alpha. \qquad (4.7,3)$$

Formula (4.7.3) este asemănătoare cu (4.7,2) cu deosebirea că în fața lui β este semnul plus în loc de minus.

Din (4.7,3) pentru $\alpha=60°$ se obține

$$\beta=-60°+\arcsin\left(\frac{\cos 60°}{0{,}5}\right)=-60°+90°=30°.$$

Rezultă că suprafața A se prelucrează lucrînd simultan cu ambele avansuri și înclinînd suportul cu unghiul $\beta=30°$ în sensul invers înclinării suprafeței de prelucrat (fig. 4.7).

În toate cazurile cînd $\beta_{max}<\alpha<\operatorname{tg}\frac{s_H}{s_v}$ suportul se va înclina în sensul invers înclinării suprafeței de prelucrat.

7. Să se determine unghiul maxim al suprafeței ce se poate prelucra prin rabotare, după procedeul din problemele 5 și 6, în următoarele cazuri:

a) $\frac{s_v}{s_H}=0{,}5$; $\beta_{max}=45°$;

b) $\frac{s_v}{s_H}=0{,}5$; $\beta_{max}=60°$;

c) $\frac{s_v}{s_H}=1$; $\beta_{max}=45°$;

d) $\frac{s_v}{s_H}=2$; $\beta_{max}=45°$.

Rezolvare. Unghiul α_{max} se obține din (4.7) considerînd semnul minus. După unele transformări simple rezultă

$$\alpha_{max}=\operatorname{arc\,tg}\left(\frac{1}{\frac{s_v}{s_H}\cos\beta_{max}}+\operatorname{tg}\beta_{max}\right)$$

Înlocuind s_v/s_H și β_{max} cu datele problemei se obține:

a) $\alpha_{max}=\operatorname{arc\,tg}\left(\frac{1}{0{,}5\cdot\cos 45°}+\operatorname{tg}45°\right)=75°28'$;

b) $\alpha_{max}=\operatorname{arc\,tg}\left(\frac{1}{0{,}5\cdot\cos 60°}+\operatorname{tg}60°\right)=80°6'$;

c) $\alpha_{max} = \text{arc tg}\left(\frac{1}{\cos 45^\circ} + \text{tg}\,45^\circ\right) = 67^\circ 30'$;

d) $\alpha_{max} = \text{arc tg}\left(\frac{1}{2 \cdot \cos 45^\circ} + \text{tg}\,45^\circ\right) = 59^\circ 45'$.

Din cele patru exemple se observă că la prelucrarea suprafețelor cu înclinare mare este necesar să se utilizeze mașini la care s_v/s_H este mic iar β_{max}, mare.

4.3.2. Cinematica mașinilor de rabotat și de mortezat

1. Să se calculeze vitezele maxime și minime ale mesei mobile de la mașina de rabotat model 7 112, (fig. 4.8).

Rezolvare. Schimbarea sensului de mișcare a mesei M (fig. 4.8) se realizează prin schimbarea poziției cuplajului M_1.

Urmărind lanțul cinematic principal se deduc vitezele maximă și minimă realizate în cursa de lucru (M_1-stînga):

$$v_{max} = 1\,400 \frac{17}{63} \frac{18}{57} \frac{\pi \cdot 10 \cdot 12}{1\,000} \approx 45 \text{ [m/min]};$$

$$v_{min} = 140 \frac{17}{63} \frac{18}{57} \frac{\pi \cdot 10 \cdot 12}{1\,000} \approx 4{,}5 \text{ [m/min]}.$$

Vitezele în cursa de gol (M_1-dreapta) sînt:

$$v_{g\,max} = 1\,400 \frac{17}{63} \frac{26}{49} \frac{\pi \cdot 10 \cdot 12}{1\,000} \approx 75 \text{ [m/min]};$$

$$v_{g\,min} = 140 \frac{17}{63} \frac{26}{49} \frac{\pi \cdot 10 \cdot 12}{1\,000} \approx 7{,}5 \text{ [m/min]}.$$

2. Să se calculeze avansurile minime și maxime realizabile la mașina de rabotat model 7 112.

Rezolvare. Avansurile în direcție verticală și orizontală pentru suporturile verticale sînt obținute de la o singură cutie de avansuri așezate pe traversa mobilă (fig. 4.8). Reglarea avansurilor se realizează cu tamburul T_1 care prin inter-

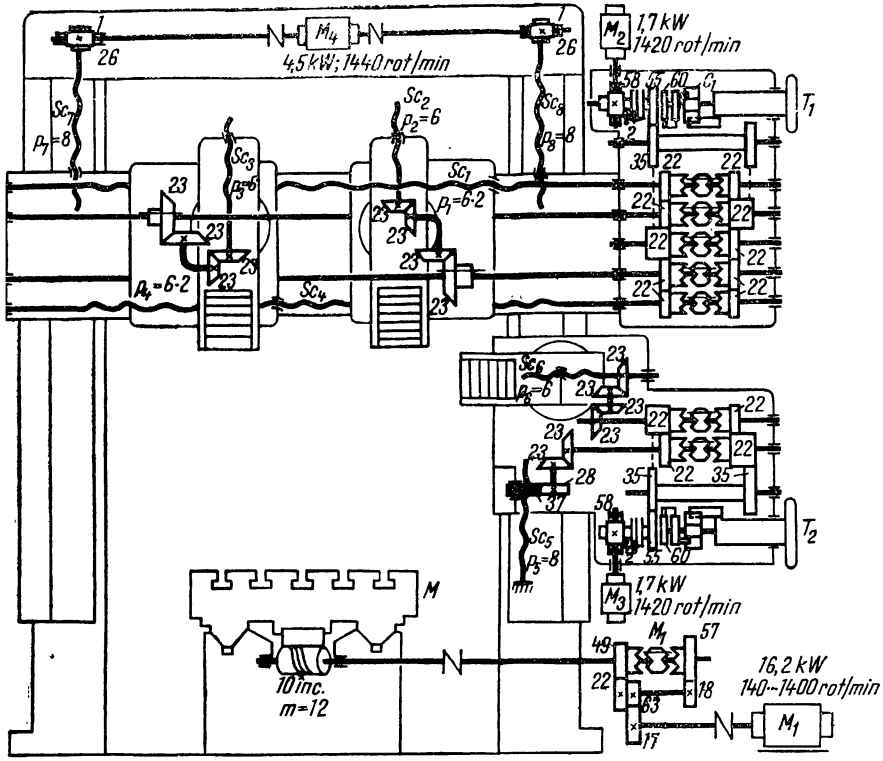


Fig. 4.8. Schema cinematică a mașinii de rabotat model 7112

mediul mecanismului cu fricțiune C_1 fixează numărul de dinți cu care este rotită roata de clichet la o oscilație a clichetului.

Urmărind lanțurile cinematice se obțin avansurile:

$$s_v = \frac{K}{60}\,\frac{55}{35}\,\frac{35}{22}\,\frac{22}{22}\,\frac{23}{23}\,\frac{23}{23}\cdot 6;$$

$$s_H = \frac{K}{60}\,\frac{55}{35}\,\frac{35}{22}\,\frac{22}{22}\,\frac{22}{22}\cdot 6\cdot 2.$$

Avansul minim se obține pentru $K=1$ iar maxim pentru $K=50$.

Înlocuind K și efectuînd calculele rezultă:

$s_{v\,min}=0{,}25$ mm/c.d.; $s_{v\,max}=12{,}5$ [mm/c.d.];

$s_{H\,min}=0{,}5$ mm/c.d.; $s_{H\,max}=25$ [mm/c.d.].

Pentru avansurile suportului lateral, care are un mecanism pentru realizarea mișcării intermitente identic cu cel de la suporturile verticale, se obțin valorile:

$$s_{v\,min} = \frac{1}{60}\,\frac{55}{35}\,\frac{35}{32}\,\frac{23}{23}\,\frac{28}{37}\cdot 8 = 0{,}25 \text{ [mm/c.d.]};$$

$$s_{v\,max} = \frac{50}{60}\,\frac{55}{35}\,\frac{35}{32}\,\frac{23}{23}\,\frac{28}{37}\cdot 8 = 12{,}5 \text{ [mm/c.d.]};$$

$$s_{H\,min} = \frac{1}{60}\,\frac{55}{36}\,\frac{35}{22}\,\frac{23}{23}\,\frac{23}{23}\cdot 6 = 0{,}25 \text{ [mm/c.d.]};$$

$$s_{H\,max} = \frac{50}{60}\,\frac{55}{35}\,\frac{35}{22}\,\frac{23}{23}\,\frac{23}{23}\cdot 6 = 12{,}5 \text{ [mm/c.d.]}.$$

3. Să se calculeze vitezele de deplasare rapidă a suporturilor verticale, suportului lateral și a traversei mobile de la mașina de rabotat model 7 112.

Rezolvare. Urmărind lanțurile cinematice pentru realizarea mișcărilor de avans ale suporturilor se obțin vitezele:

$$v_{sH} = 1\,420\,\frac{2}{58}\,\frac{55}{35}\,\frac{35}{22}\,\frac{22}{22}\,\frac{6\cdot 2}{1\,000} = 1{,}47 \text{ [m/min]};$$

$$v_{sv} = 1\,420\,\frac{2}{58}\,\frac{55}{35}\,\frac{35}{22}\,\frac{23}{23}\,\frac{23}{23}\,\frac{6}{1\,000} = 0{,}735 \text{ [m/min]}.$$

Vitezele de deplasare rapidă ale suportului lateral în cele două direcții sînt egale și au valoarea

$$v_{sv}=v_{sH}=1\,420\,\frac{2}{58}\,\frac{55}{35}\,\frac{35}{22}\,\frac{23}{23}\,\frac{23}{23}\,\frac{6}{1\,000}=0{,}735\ [\text{m/min}].$$

Pentru deplasarea traversei se folosește motorul M_4 de la care mișcarea se transmite la șuruburile conducătoare S_{C7} și S_{C8}. Valoarea vitezei este

$$v_{tr}=1\,440\,\frac{1}{26}\,\frac{8}{1\,000}=0{,}44\ [\text{m/min}].$$

4. Să se calculeze avansurile minime și maxime realizate la mașina de mortezat model 743 (fig. 4.9).

Rezolvare. Mișcarea de avans se ia de la axul *III* și prin intermediul camei C_1, a pîrghiei P, a mecanismului cu clichet M_K și a mai multor angrenaje se transmite la săniile pentru avansul longitudinal, transversal și la masa rotativă.

Mecanismul M_K are doi clicheți așezați unul față de celălalt la jumătatea pasului dinților.

Prin urmare la cea mai mică valoare a avansului roata clichetului se rotește cu 1/240 dintr-o rotație (fig. 4.9). Avansul cu cea mai mare valoare se realizează la rotirea roții de clichet cu 20 dinți.

Urmărind lanțurile cinematice se poate scrie:

$$s_t=\frac{K}{120}\,\frac{20}{20}\,\frac{60}{50}\,\frac{50}{30}\,\frac{19}{19}\,\frac{15}{20}\,\frac{24}{24}\,\frac{16}{24}\cdot 12;$$

$$s_l=\frac{K}{120}\,\frac{20}{20}\,\frac{60}{50}\,\frac{50}{50}\,\frac{19}{19}\,\frac{12}{24}\cdot 12;$$

$$s_c=\frac{K}{120}\,\frac{20}{20}\,\frac{60}{50}\,\frac{50}{30}\,\frac{19}{19}\,\frac{20}{30}\,\frac{1}{120}\cdot 360^\circ.$$

Înlocuind $K=\frac{1}{2}$ și $K=20$ dinți se obțin următoarele valori pentru avansurile minime și maxime:

$s_{t\ min}=s_{l\ min}=0{,}05$ [mm/c.d.]; $s_{t\ max}=s_{l\ max}=2$ [mm/c.d.];

$s_{c\ min}=1'$[°/c.d.]; $s_{c\ max}=40'$[°/c.d.].

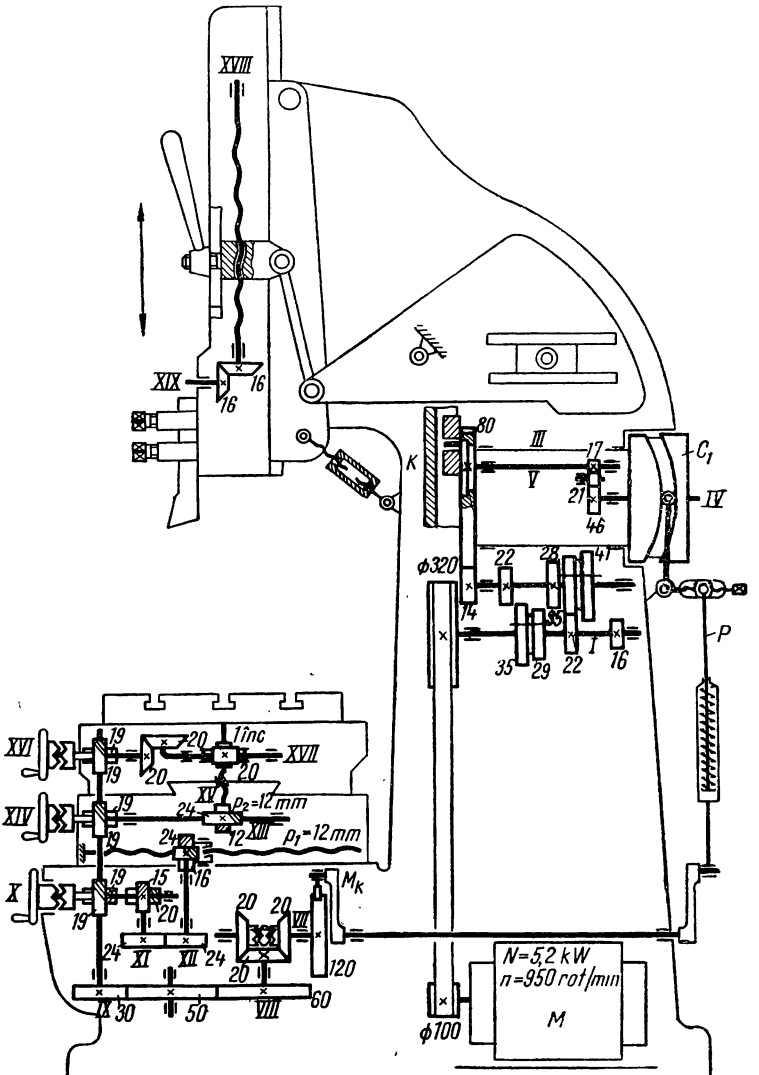


Fig. 4.9. Schema cinematică a mașinii de rabotat model 743

5. MAȘINI DE BROȘAT

Mașinile de broșat sînt destinate prelucrării găurilor cu profile diferite, a suprafețelor plane și fasonate, a canalelor drepte și elicoidale etc. Efectuarea concomitentă a degroșării finisării și calibrării asigură broșării o productivitate ridicată și o bună calitate a suprafeței.

5.1. NOTAȚII FOLOSITE

d este diametrul găurii de prelucrat, mm;
l — lungimea suprafeței de prelucrat, mm;
s_z — supraînălțarea dinților broșei, mm;
t — pasul dinților broșei, mm;
T — durabilitatea broșei, min;
v_e — viteza economică (optimă) de așchiere, m/min;
C_v, x_v, y_v — coeficienți funcției de materialul piesei de prelucrat și de materialul broșei;
z_l — numărul de dinți ai broșei ce așchiază concomitent;
Σ_b — lungimea totală a tăișurilor broșei ce așchiază în același timp, mm;
β — unghiul de contact dintre suprafața prelucrată și tăișul broșei, grade;
f — forța de așchiere la 1 mm de lungime a tăișului broșei, N/mm;
F — forța de așchiere, N;
P_a — puterea de așchiere, kW;
D_1 — diametrul cilindrului motorului hidraulic, mm;
d_1 — diametrul tijei pistonului motorului hidraulic, mm;

Q — debitul, l/min;
m — numărul pompelor;
v_l — viteza de lucru, m/min;
v_g — viteza de gol, m/min;
p — presiunea lichidului, dN/mm².

5.2. FORMULE DE CALCUL

$$z_l = \frac{l}{t}; \tag{5.1}$$

$$v_e = \frac{C_v}{T^m s_z^y} \left[\frac{\text{m}}{\text{min}}\right]; \tag{5.2}$$

$$\sum b = \frac{\pi d z_p \beta}{360^\circ} \text{ [mm]}; \tag{5.3}$$

$$F = f \sum b \text{ [N]}; \tag{5.4}$$

$$P_a = \frac{F v_e}{9{,}8 \cdot 6\,120} \text{ [kW]}; \tag{5.5}$$

$$v_l = \frac{4 \cdot 10^3 Q_m}{\pi (D_1^2 - d_1^2)} \text{ [m/min]}; \tag{5.6}$$

$$v_g = \frac{4 \cdot 10^3 Qm}{\pi d_1^2} \left[\frac{\text{m}}{\text{min}}\right]; \tag{5.7}$$

$$p = \frac{10 \cdot 4F}{\pi (D_1^2 - d_1^2)} \left[\frac{\text{dN}}{\text{mm}^2}\right]. \tag{5.8}$$

5.3. PROBLEME REZOLVATE

5.3.1. Calculul vitezei şi al forţelor de aşchiere

1. Să se calculeze viteza, forţa şi puterea de aşchiere la broşarea unei găuri cu d=50 mm şi l=70 mm executată într-o piesă din OT 60 avînd duritatea HB=200.

Prelucrarea se realizează prin metoda după profil cu o broşă din oţel rapid R_p3 avînd: s_z=0,02 mm; t=12 mm.

Rezolvare. Considerînd $T=420$ min și determinînd din tabelul 5.1: $C_v=16{,}8$; $m=0{,}62$; $y=0{,}62$ din (5.1) folosind tabelul 1.16 rezultă

$$v_e=\frac{16{,}8}{420^{0{,}62}\cdot 0{,}02^{0{,}62}}=\frac{16{,}8}{42{,}3\cdot 0{,}088}=4{,}6\ [\text{m/min}].$$

Tabelul 5.1

Valorile coeficienților din formula vitezei de așchiere pentru broșe din Rp3 și Rp4

Materialul prelucrat	Caracteristicile mecanice ale materialului de prelucrat		Tipul broșei						Răcire
			Cilindrice			Pentru canelat			
			Coeficienți și exponenți						
	Duritate, *HB*	σ_r, dN/mm²	C_v	m	y	C_v	m	y	
Oțel carbon	⩽200	⩽68,6	16,8	0,62	0,62	15,5	0,6	0,75	da
	200–230	68,6–78,4	15,5	0,62	0,62	14	0,6	0,75	
	>230	>78,4	11,2	0,62	0,62	10,2	0,6	0,75	
Oțel aliat	⩽200	⩽68,6	16,5	0,62	0,62	14	0,6	0,75	da
	200–230	68,6–78,4	11,2	0,62	0,62	10,2	0,6	0,75	
	>230	>78,4	9,8	0,77	0,8	7,7	0,5	0,6	
Fontă cenușie	⩽200	–	14	0,5	0,6	17,5	0,5	0,6	nu
	>200	–	11,5	0,5	0,6	14,7	0,5	0,6	

Din (5.2) se obține

$$z_l=\frac{70}{12}=5{,}83\approx 6\ \text{dinți}.$$

Înlocuind în (5.3) $z_l=6$; $\beta=360°$ și $d=50$ mm rezultă

$$\sum b=\pi\cdot 50\cdot 6;\ =942\ [\text{mm}].$$

Din (5.4) pentru $f=102{,}9$ N/mm (tabelul 5.2) se obține forța de așchiere

$$F=102{,}9\cdot 942=9\,613\ [\text{N}].$$

Puterea de așchiere se găsește cu (5.5) și are valoarea

$$P_a=\frac{9\,613\cdot 4{,}6}{9{,}8\cdot 6\,120}=7{,}2\ \text{kW}.$$

Tabelul 5.2

Valorile forței de așchiere f, la 1 mm de lungime a tăișului broșei, N/mm

s_z, mm	Materialul de prelucrat							
	Oțel carbon			Oțel aliat		Fontă cenușie		
	$HB<197$	$HB=198-229$	$HB>229$	$HB<197$	$HB=198-229$	$HB>229$	$HB\leqslant 180$	$HB>180$
0,01	63,7	69,5	83,3	74,84	83,3	89,18	53,9	73,5
0,02	93,1	102,9	122,5	123,48	133,28	154,84	79,38	87,22
0,03	120,54	133,28	157,78	153,86	165,62	182,28	101,92	113,68
0,04	140,14	154,84	173,46	180,32	194,04	213,64	118,58	131,32
0,06	173,46	191,1	227,36	233,24	249,90	276,36	147,98	162,68
0,08	208,74	230,30	274,40	274,40	295,96	328,30	176,40	196
0,10	242,06	267,54	318,50	321,44	346,92	382,20	202,86	231,28
0,12	279,30	308,7	367,5	370,44	398,86	441	238,14	262,64
0,14	317,52	349,86	416,50	414,54	447,86	494,9	267,54	296,94
0,16	352,80	390,04	460,56	461,58	499,80	584,80	298,90	329,28
0,18	387,10	427,28	509,60	514,50	553,70	612,50	327,32	362,60
0,20	418,46	463,54	550,76	564,48	607,6	671,30	352,8	393,96
0,25	485,1	534,1	637,00	666,40	715,40	793,80	412,58	455,70
0,30	552,72	602,70	715,40	769,30	828,10	914,34	466,48	511,56

N o t ă. Valorile lui f sînt date pentru: 1) unghiuri de degajare și așezare optime; 2) uzura sculei sub valoarea nominală.

2. Să se determine forța de așchiere la broșarea după profil a canalului executat în piesa din fig. 5.1. Se cunosc: materialul piesei oțel aliat, avînd duritatea $HB=220$; $s_z=0{,}03$ mm; $t=10$ mm.

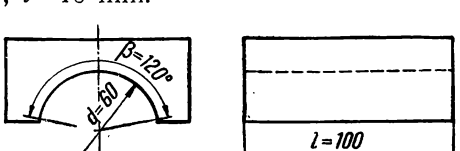


Fig. 5.1. Piesa de prelucrat la broșare

Rezolvare. Înlocuind $l=100$ mm și $t=10$ mm (fig. 5.1) în (5.1) se obține

$$z_l=\frac{100}{10}=10 \text{ dinți.}$$

Din (5.3) pentru $\beta=120°$ (fig. 5.1); $z_l=10$ și $d=60$ mm rezultă

$$\sum b=\frac{60\cdot 120\cdot 10}{360}=628 \text{ [mm]}.$$

Pentru $f=165{,}62$ N/mm (tabelul 5.2) din (5.4) se obține

$$F=165{,}62\cdot 628=100\,241 \text{ [N]}.$$

5.3.2. Calculul parametrilor de funcționare ai mașinilor de broșat

1. Să se calculeze viteza maximă de lucru și viteza de gol la mașina de broșat model 7 510 (fig. 5.2), în situația cînd debitează ambele pompe în sistemul hidraulic. Se dau: $D_1=165$ mm; $d_1=65$ mm; $Q=32$ l/min.

Rezolvare. Pentru realizarea vitezei maxime de lucru robinetul *7* (fig. 5.2) se închide iar droselul *3* se deschide la maximum. În această situație lichidul sub presiune de la ambele pompe intră în camera *A* a motorului hidraulic *6* și deplasează pistonul acestuia spre dreapta. Viteza de deplasare este dată de (5.6) și are valoarea

$$v_l=\frac{4\cdot 10^3\cdot 32\cdot 2}{\pi\,(165^2-65^2)}=3{,}5 \text{ [m/min]}.$$

În faza de gol sertărașul distribuitorului *5* se deplasează spre stînga. Prin deschiderea supapei *4* atît lichidul provenit de la cele două pompe cît și cel din camera *A* a motorului hidraulic

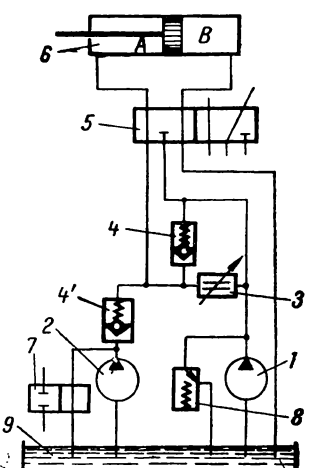


Fig. 5.2. Schema hidraulică a mașinii de broșat 7510:
1 — pompă principală; *2* — pompă auxiliară; *3* — drosel; *4* — supapă de sens; *5* — distribuitor; *6* — motor hidraulic; *7* — robinet; *8* — supapă de siguranță; *9* — rezervor.

pătrunde în camera B deplasînd pistonul motorului spre stînga. Din (5.7) rezultă

$$v_g = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot 32 \cdot 2}{\pi\, 65^2} = 19{,}4 \text{ [m/min]}.$$

2. Să se determine presiunea de lucru și puterea dezvoltată de motorul hidraulic al mașinii de broșat model 7 510, fiind cunoscute: $F = 80\,000$ N; $v_l = 1{,}5$ m/min; $D_1 = 165$ mm; $d_1 = 65$ mm.

Rezolvare. Înlocuind în (5.8) datele din problemă se obține valoarea presiunii de lucru

$$p = \frac{10 \cdot 4 \cdot 80\,000}{\pi\,(165^2 - 65^2)} = 44 \text{ dN/mm}^2.$$

Din (5.5) înlocuind v_e cu v_l se obține puterea dezvoltată de motorul hidraulic

$$P_a = \frac{80\,000 \cdot 1{,}5}{9{,}8 \cdot 6\,120} = 2 \text{ [kW]}.$$

6. MAȘINI DE RECTIFICAT

Mașinile de rectificat sînt destinate prelucrării prin așchiere a suprafețelor în vederea obținerii dimensiunilor, formei geometrice regulate și a unei calități superioare.

Problemele din acest capitol se referă la rectificarea cilindrică interioară și exterioară, rectificarea plană și ascuțirea sculelor așchietoare.

6.1. NOTAȚII FOLOSITE

L este lungimea piesei de prelucrat, mm ;
d_p — diametrul piesei, mm ;
v_p — viteza periferică a piesei, m/min ;
n_p — turația piesei, rot/min ;
a — adaosul de prelucrare radial, mm ;
D_d — diametrul discului abraziv, mm ;
B — lățimea discului abraziv, mm ;
v_d — viteza periferică a discului abraziv, m/s ;
n_d — turația discului abraziv, rot/min ;
s_l — avansul longitudinal, mm/rot ;
ξ, β — coeficienți ;
s_p — avansul de pătrundere, mm/cd ;
P_a — puterea de așchiere, kW ;
F_z — forța de așchiere, N ;
m — numărul de treceri ;
α — unghiul conului, grade ;
d_{max} — diametrul maxim al conului, mm ;
d_{min} — diametrul minim al conului, mm ;

$1 : K$ — conicitatea;
b — lățimea piesei, mm;
n_{cd} — numărul de curse duble pe minut ale masei, cd/min;
m_l — coeficientul de inversare al sensului de mișcare a mesei;
h — adaosul de prelucrare la rectificarea plană, mm;
t — adîncimea de așchiere, mm;
s_t — avansul transversal, mm/cd;
v_s — viteza longitudinală de avans, m/min;
l — cursa mesei mașinii la rectificarea plană, mm;
L_1 — depășirea piesei la rectificarea plană, mm;
γ — unghiul de degajare, grade;
$\varkappa$ — unghiul de atac principal, grade;
α — unghiul de așezare principal, grade
λ — unghiul de înclinare al tăișului, grade;
γ_t, γ_e — unghiurile de degajare în secțiune transversală și longitudinală (fig. 6.2), grade;
α_t, α_e — unghiurile de așezare principale în secțiune transversală și longitudinală (fig. 6.2), grade;
D_e — diametrul exterior minim al broșei, mm;
β — unghiul de înclinare al capului de ascuțit, grade;
D_f — diametrul frezei de ascuțit, mm;
e, e_1 — distanța între axa verticală a frezei și vîrful dintelui (fig. 6.5 și 6.6), mm;
e' — distanța între axa orizontală a frazei și vîrful dintelui (fig. 6.5), mm;
ω — unghiul de înclinare al dinților frezei, grade;
δ — unghiul profilului pietrei abrazive, grade.

6.2. FORMULE DE CALCUL

$$s_l = \beta B \ [\text{mm/rot}]; \tag{6.1}$$

$$v_d = \frac{\pi D_d n_d}{1\,000 \cdot 60} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]; \tag{6.2}$$

$$m = \frac{a}{s_p}; \tag{6.3}$$

$$P_a = 0{,}555\,(v_p s_l s_p)^{0{,}7} B^{0{,}225} \ [\text{kW}]; \tag{6.4}$$

$$F_z = \frac{9{,}8 \cdot 102\, P_a}{v_d} \quad [N]\,; \tag{6.5}$$

$$\alpha = 2 \operatorname{arc\,tg} \frac{d_{max} - d_{min}}{2L}\,; \tag{6.6}$$

$$1 : K = \frac{d_{max} - d_{min}}{L}\,; \tag{6.7}$$

$$s_t = \xi B \left[\frac{\text{mm}}{\text{c.d.}}\right]; \tag{6.8}$$

$$n_{cd} = \frac{1\,000\, s_l}{2 l m_i} \quad [\text{c.d.}]\,; \tag{6.9}$$

$$l = L + D_d + L_1 \quad [\text{mm}]\,; \tag{6.10}$$

$$\operatorname{tg} \gamma_t = \operatorname{tg} \gamma \sin \varkappa \pm \operatorname{tg} \lambda \cos \varkappa\,; \tag{6.11}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_t = \operatorname{tg} \alpha \sin \varkappa\,; \tag{6.12}$$

$$\operatorname{tg} \gamma_l = \operatorname{tg} \gamma \cos \varkappa \pm \operatorname{tg} \lambda \sin \varkappa\,; \tag{6.13}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_l = \operatorname{tg} \alpha \cos \varkappa\,; \tag{6.14}$$

$$\gamma_t = \gamma_t' \pm \gamma_t''\,; \tag{6.15}$$

$$\gamma_l = \gamma_l' \pm \gamma_l''\,; \tag{6.16}$$

$$\operatorname{tg} \gamma_t' = \operatorname{tg} \gamma \sin \varkappa\,; \tag{6.17}$$

$$\operatorname{tg} \gamma_t'' = \operatorname{tg} \lambda \cos \varkappa\,; \tag{6.18}$$

$$\operatorname{tg} \gamma_l' = \operatorname{tg} \gamma \cos \varkappa\,; \tag{6.19}$$

$$\operatorname{tg} \gamma_l'' = \operatorname{tg} \lambda \sin \varkappa\,; \tag{6.20}$$

$$D_d = \frac{0{,}85 \cdot D_e \sin(\beta - \gamma)}{\sin \gamma} \quad [\text{mm}]\,; \tag{6.21}$$

$$e = \frac{D_f}{2} \sin \gamma \quad [\text{mm}]\,; \tag{6.22}$$

$$e' = \frac{D_f}{2} \sin \alpha \quad [\text{mm}]\,; \tag{6.23}$$

$$e_1 = \frac{D_f}{2} \frac{\sin(\gamma + \delta)}{\sqrt{\cos^2(\gamma+\delta) + \sin^2(\gamma+\delta)\cos^2\omega}} \quad [\text{mm}]. \tag{6.24}$$

6.3.1. Rectificarea cilindrică și plană

1. Să se stabilească regimul de așchiere pentru rectificarea de degroșare a unui ax confecționat din oțel necălit fiind cunoscute: $L=160$ mm; $d_p=40$ mm, $a=0{,}3$ mm; $B=30$ mm; $D_d=300$ mm;

Rezolvare. Din tabelul 6.1 pentru $\frac{L}{d_p}=\frac{160}{40}=4$ și $d_p=$ $=40$ mm se obține prin interpolare $s_p=0{,}015$ mm/cd.

Pentru $\beta=0{,}5$ determinat din tabelul 6.2 cu (6.1) se obține $s_l=0{,}5\cdot 30=15$ mm/rot.

Prin interpolare din tabelul 6.3 se obține $v_p=30$ m/min. Întrucît piesa este confecționată din oțel necălit viteza determinată se mărește cu 10% și rezultă $v_p=33$ m/min.

Din (1.3) se obține turația piesei

$$n_p=\frac{1\,000\,v_p}{\pi d_p}=\frac{1\,000\cdot 33}{\pi 40}=262\ [\text{rot/min}].$$

Viteza periferică a discului abraziv se alege egală cu 30 m/s (tabelul 6.4). Din (6.2) rezultă

$$n_d=\frac{1\,000\cdot 60\,v_d}{\pi D_d}=\frac{1\,000\cdot 60\cdot 30}{\pi 300}=1\,910\ [\text{rot/min}].$$

Numărul necesar de treceri se obține din (6.3) și este $m=\frac{0{,}3}{0{,}015}=20$ treceri.

2. Un ax cu diametrul de 50 mm confecționat din oțel călit se rectifică la exterior în condițiile:
$v_p=15$ m/min; $s_p=0{,}02$ mm/cd; $D_d=500$ mm; $B=50$ mm; $v_d=30$ m/s. Să se determine forțele și puterea de așchiere.

Rezolvare. Din (6.1) și tabelul 6.2 rezultă $s_l=0{,}42\cdot 50=21$ mm/rot.

Puterea de așchiere pentru discuri abrazive avînd $B=$ $=(40...63)$ mm și $d_p=(40...63)$ mm este dată de (6.4).

Cu datele problemei și s_l determinat se obține

$$P_a=0,555(15\cdot21\cdot0,02)^{0,7}\cdot50^{0,225}=5,35 \text{ [kW]}.$$

Din (6.5) rezultă

$$F_z=\frac{9,8\cdot102\cdot5,35}{30}=178 \text{ [N]}.$$

Cunoscînd că $F_y=(1,5...3)\ F_z$ de consideră

$$F_y=2,25\ F_z=2,25\cdot178=415 \text{ [N]}.$$

3. Să se determine unghiul de înclinare al mesei mașinii de rectificat rotund exterior pentru rectificarea unei piese conice avînd: $d_{max}=50$ mm; $d_{min}=26$ mm și $L=192$ mm.

Rezolvare. Din (6.6) rezultă

$$\alpha=2 \text{ arc tg}\frac{50-26}{2\cdot192}=2 \text{ arc tg } 0,125=7°7'30''.$$

Pentru rectificarea conului cu dimensiunile date în problemă este necesar ca masa să fie înclinată cu $\frac{\alpha}{2}=3°33'45''$. Același rezultat se obține calculînd din (6.7) $1:K=\frac{50-26}{192}=1:8$ și determinînd $\frac{\alpha}{2}$ direct din tabelul 6.5.

4. Să se determine regimul de așchiere și numărul de treceri necesare la rectificarea de degroșare a alezajului unui cilindru din fontă cu $d_p=75$ mm și $L=120$ mm.

Rezolvare. În tabelul 6.6 pentru $d_p=75$ mm se găsește adaosul de prelucrare 0,45 mm pe diametru deci $a=0,225$ mm. Din tabelele 6.7 și 6.8 se aleg dimensiunile pietrei abrazive: $D_d=65$ mm; $B=50$ mm.

Pentru piatra abrazivă aleasă, din tabelul 6.9 se determină $v_d=30$ m/s.

Din (6.2) se obține

$$n_d=\frac{1\,000\cdot60\cdot30}{\pi65}=8\,850\ \left[\frac{\text{rot}}{\text{min}}\right].$$

În tabelul 6.10 se găsește avansul de pătrundere $s_p = 0{,}014$ mm/cd.

Pentru calculul avansului longitudinal la $d_p/L = \frac{75}{120} = 0{,}625$ se apreciază din tabelul 6.11 $\beta = 0{,}55$.

Din (6.1) rezultă $s_l = 0{,}55 \cdot 65 = 35{,}6$ mm/rot.

Viteza periferică a piesei se obține din tabelul 6.12 și are valoarea $v_p = 1{,}3 \cdot 28 = 36{,}5$ m/min în care factorul 1,3 reprezintă coeficientul de corectare pentru fontă.

Turația piesei în acest caz dedusă din (1.3) este

$$n_p = \frac{1\,000 \cdot 36{,}5}{\pi 75} = 159 \text{ [rot/min]}.$$

Din (6.3) se obține $m = \frac{0{,}225}{0{,}014} \approx 17$ treceri.

5. Să se stabilească regimul de așchiere pentru rectificarea de degroșare plană periferică a unei plăci din oțel necălit la o mașină de rectificat plan cu masa dreptunghiulară cunoscînd: $L = 500$ mm; $b = 200$ mm; $B = 30$ mm; $D_d = 200$ mm.

Rezolvare. Adaosul de prelucrare se determină din tabelul 6.13. Pentru $L = 500$ mm și $b = 200$ mm corespunde $h = 0{,}4$ mm.

Din tabelul 6.14 se alege $v_d = 23$ m/s. Turația discului abraziv se deduce din (6.2) și rezultă

$$n_d = \frac{1\,000 \cdot 60 \cdot 23}{\pi 200} = 2\,200 \text{ [rot/min]}.$$

Alegînd $\xi = 0{,}5$, din (6.8) rezultă $s_t = 0{,}5 \cdot 30 = 15$ mm/cd sau 7,5 mm/cursă. Pentru $\xi = 0{,}5$ din tabelul 6.15 rezultă $t = 0{,}010$ mm.

Din tabelul 6.16 pentru $\xi = 0{,}5$ și $t = 0{,}010$ mm se alege $s_l = 24$ m/min.

Numărul de curse duble pe minut ale masei se obține din (6.9) în care $m_l = 0{,}90 \ldots 0{,}95$ iar $l = L + L_1$ ($L_1 = 10 \ldots 20$) mm. Alegînd $m_l = 0{,}92$ și $L_1 = 16$ mm rezultă

$$n_{cd} = \frac{1\,000 \cdot 24}{2 \cdot 516 \cdot 0{,}92} \approx 24 \text{ [cd/min]}.$$

Înlocuind în (6.3) a cu h și s_p cu t se obține $m = \frac{0{,}4}{0{,}01} = 40$ treceri.

6. Să se stabilească regimul de așchiere pentru rectificarea de degroșare plană frontală a unei piese subțiri din fontă, la mașina de rectificat plan cu mișcarea rectilinie a mesei fiind dat: $L=400$ mm; $b=350$ mm; $D_d=300$ mm; $h=0{,}05$ mm.

Rezolvare. Viteza periferică a pietrei abrazive conform datelor din tabelul 6.14 are valoarea 17 m/s.

Pentru piese nerigide adîncimea de așchiere la rectificarea continuă este dată în coloana ultimă a tabelului 6.17. Deoarece piesa este confecționată din fontă, adîncimea găsită în tabel se multiplică cu 1,3 și rezultă $p=1{,}3\cdot 0{,}007\approx 0{,}009$ mm.

Rectificarea de finisare se execută cu viteza de avans longitudinal între 7 și 10 m/min la adîncimi de așchiere între 0,005 și 0,01 mm. Se alege $v_s=9{,}5$ m/min.

Numărul de curse duble este dat de (6.9) unde se înlocuiește l dat de (6.10), în care se consideră $L_1=10$ mm, iar $m_l=0{,}92$ și rezultă:

$$l=400+300+10=710 \text{ mm};$$

$$n_{cd}=\frac{1\,000\cdot 9{,}5}{2\cdot 710\cdot 0{,}92}=7{,}3 \text{ [c.d.]}.$$

Din (6.3) înlocuind a cu h și s_p cu t se obține

$$m=\frac{0{,}05}{0{,}009}\approx 6 \text{ treceri}.$$

6.3.2. Ascuțirea sculelor

1. Să se determine parametrii pentru reglarea menghinei de la mașina universală de ascuțit scule, pentru ascuțirea unui cuțit prismatic avînd următoarea geometrie: $\gamma=12°$; $\alpha=8°$; $\varkappa=30°$; $\lambda=+5°$.

Rezolvare. Ascuțirea cuțitului se execută pe fața de degajare și pe cea de așezare, prin fixarea acestuia într-o menghină ce se poate roti în trei plane perpendiculare (fig. 6.1).

În acest caz este necesar să se determine din (6.11)...(6.14) unghiurile γ_t, γ_l, α_t, α_l (fig. 6.2).

Din (6.11), considerînd semnul superior deoarece λ este pozitiv rezultă

$$\gamma_t = \text{arc tg}\,(\text{tg}\,\gamma \sin \varkappa + \text{tg}\,\lambda \cos \varkappa).$$

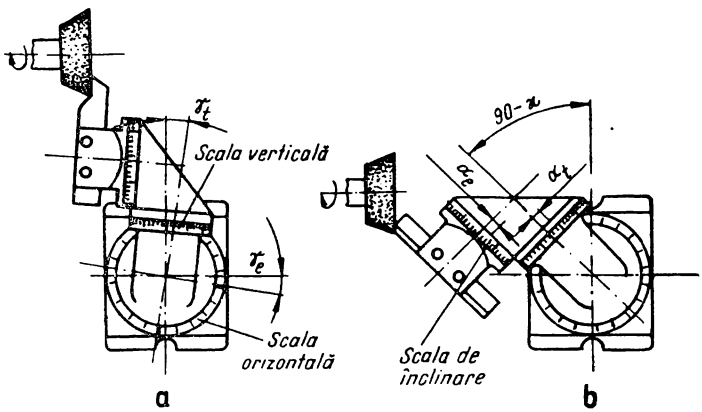


Fig. 6.1. Schema de ascuțire a cuțitelor :
a — pe fața de degajare; *b* — pe fața de așezare

Înlocuind în această relație unghiurile γ, $\varkappa$, și λ date în problemă și determinînd din tabele valorile pentru funcțiile trigonometrice se obține

$$\gamma_t = \text{arc tg}\,(\text{tg}\,12^\circ \sin 30^\circ + \text{tg}\,5^\circ \cos 30^\circ) =$$
$$= \text{arc tg}\,(0{,}2126 \cdot 0{,}5 + 0{,}0875 \cdot 0{,}866) =$$
$$= \text{arc tg}\,(0{,}1810) = 10^\circ 15'.$$

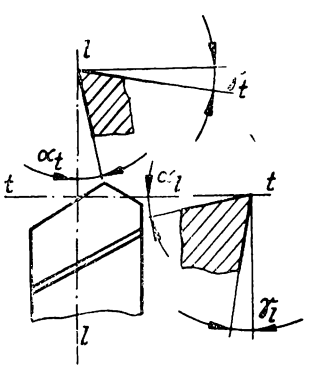


Fig. 6.2. Unghiurile cuțitului în secțiunile longitudinală și transversală

Procedînd în mod similar din (6.12) ... (6.14) rezultă : $\alpha_t = 4^\circ$; $\gamma_l = 8^\circ 18'$; $\alpha_l = 7^\circ$.

Deoarece determinarea elementelor de reglare pentru frenghină cu formulele (6.11) ... (6.14), implică folosirea tabelelor pentru

aflarea funcțiilor trigonometrice, se recomandă utilizarea calculului grafic care asigură o precizie suficientă. În acest sens formulele (6.11) și (6.13) se înlocuiesc cu (6.15) și (6.16) unde γ_t', γ_l'', γ_t'', γ_l' date de (6.17) ... (6.20) se determină din graficul dat în fig. 6.3.

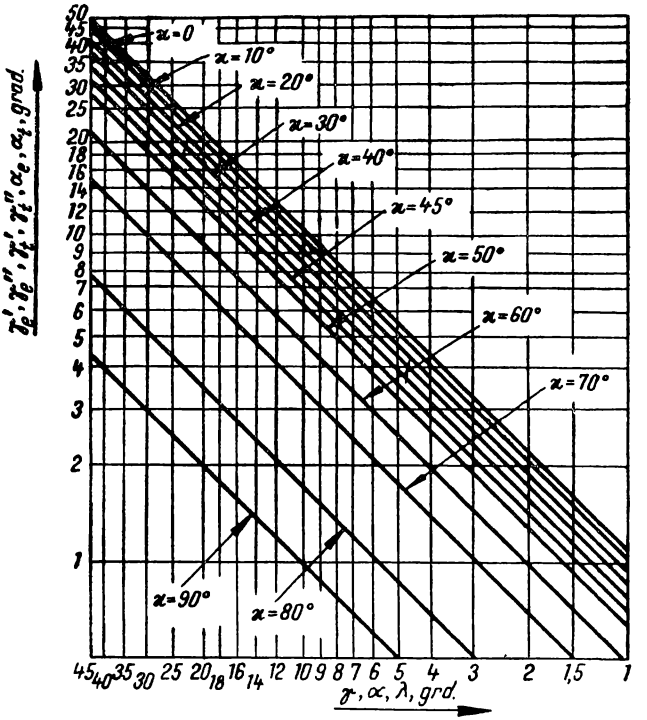


Fig. 6.3. Nomogramă pentru determinarea unghiurilor de reglare a menghinei la ascuțirea cuțitelor

Graficul fiind construit în coordonate dublu logaritmice pentru relații de forma $\operatorname{tg}\alpha_t = \operatorname{tg}\alpha\cos\varkappa$ este necesar ca (6.12), (6.17) și (6.20) să se transforme în această formă prin înlocuirea lui $\sin\varkappa = \cos(90-\varkappa)$.

Cu aceste precizări, pentru : $\gamma=12°$; $\varkappa=30°$; $\alpha=8°$ și $\lambda=+5°$, din fig. 6.3 se obține:

$$\gamma_t'=6°; \qquad \gamma_t''=4°30';$$
$$\gamma_l'=10°10'; \qquad \gamma_l''=2°40';$$
$$\alpha_t=4°; \qquad \alpha_l=7°.$$

Din (6.15) și (6.16) considerînd semrele superioare rezultă

$$\gamma_t=6°+4°30'=10°30';$$
$$\gamma_l=10°10'-2°35'=7°35'.$$

Între valorile unghiurilor γ_t și γ_l calculate prin cele două metode există diferențe care sînt acceptabile în practică.

Unghiurile determinate se înregistrează pe scările gradate ale menghinei așa cum reiese din fig. 6.1.

2. Să se determine diametrul discului abraziv pentru ascuțirea pe fața de degajare a broșei cilindrice avînd $D_e=$ $=30$ mm; $\gamma=12°$; $\beta=20°$.

Rezolvare. Raza discului abraziv folosit la ascuțirea broșelor cilindrice este necesar să fie mai mică decît raza de curbură a broșei în secțiunea $N—N$ (fig. 6.4), întrucît în caz contrar se distrug tăișurile broșei.

Din (6.21) se obține

$$D_d=\frac{0{,}85\cdot 30\sin(20°-12°)}{\sin 12°}=170 \text{ [mm]}.$$

3. Să se determine poziția discului abraziv la ascuțirea frezei cilindrice cu dinți drepți. Se dau: $\gamma=10°$; $\alpha=12°$; $D_f=120$ mm.

Rezolvare. Frezele cilindrice cu dinți drepți se ascut pe mașini universale sau speciale atît pe fața de degajare cît și pe fața de așezare.

Ascuțirea pe fața de degajare se execută cu partea frontală a discului abraziv (fig. 6.5), deplasat la distanța e de centrul frezei.

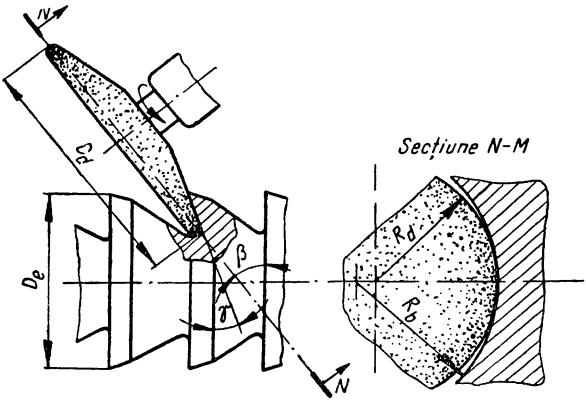


Fig. 6.4. Schema ascuțirii broșelor

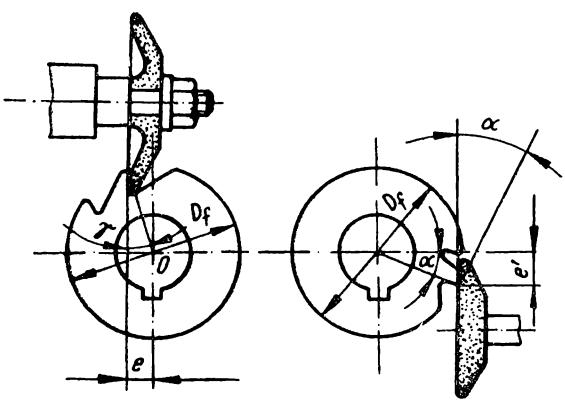


Fig. 6.5. Schema ascuțirii frezelor cilindrice cu dinți drepți

Din (6.22) se găsește

$$e=\frac{120}{2}\sin 10°=10{,}392 \text{ [mm]}.$$

La ascuțirea pe fața de așezare a unui dinte freza se rotește, în așa fel, încît, vîrful dintelui să fie la distanța e' față de axa orizontală a frezei (fig. 6.5).

Din (6.23) rezultă

$$e'=\frac{120}{2}\sin 12°=12{,}474 \text{ [mm]}.$$

4. Să se calculeze distanța e_1 (fig. 6.6), la ascuțirea pe fața de degajare a frezelor cilindrice cu dinți elicoidali. Se cunosc: $\gamma=15°$; $\alpha=12°$; $\omega=30°$; $\delta=15°$; $D_f=100$ mm.

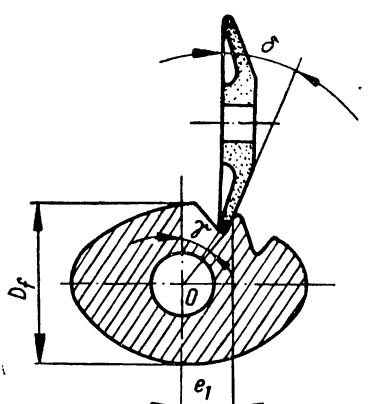


Fig. 6.6. Schema ascuțirii pe fața de degajare a frezelor cilindrice cu dinți elicoidali

Rezolvare. Ascuțirea pe fața de degajare la frezele cilindrice cu dinți elicoidali se execută cu partea conică a discului abraziv, pentru a se înlătura deformarea feței de degajare.

Înlocuind datele problemei, din (6.24) rezultă

$$e_1=\frac{100}{2}\frac{\sin(15°+15°)}{\sqrt{\cos^2(15°+15°)+\sin(15°+15°)\cos^2(30°)}}=26 \text{ [mm]}.$$

Tabelul 6.1

Valorile avansului de pătrundere la rectificare rotundă exterioară

Materialul piesei	L/d_p	Diametrul piesei d_p, mm							
		15	30	50	70	90	110	120	200
		Avansul de pătrundere t, mm/cd							
I Degroşare									
Oţel necălit	3	0,010	0,015	0,020	0,025	0,027	0,032	0,035	0,037
	4—6	0,09	0,012	0,017	0,020	0,022	0,025	0,028	0,030
	7—10	0,006	0,010	0,012	0,016	0,018	0,020	0,022	—
Oţel călit	3	0,009	0,013	0,018	0,022	0,024	0,029	0,032	0,033
	4—6	0,008	0,011	0,015	0,018	0,020	0,020	0,025	0,027
	7—10	0,005	0,009	0,011	0,014	0,016	0,018	0,020	—
Fontă cenuşie	3	0,014	0,021	0,028	0,035	0,038	0,045	0,049	0,052
	4—6	0,013	0,017	0,024	0,028	0,031	0,035	0,039	0,042
	7—10	0,008	0,014	0,017	0,022	0,025	0,028	0,031	—

II Finisare

Diametrul piesei d, mm	<10	1—20	20—40	40—80	80—120
Avansul de pătrundere t, mm/c.d.	0,001—0,003	0,003—0,05	0,005—0,008	0,006—0,010	0,006—0,012

Tabelul 6.2

Valorile coeficientului β la rectificarea rotundă interioară

Materialul piesei de rectificat	Adîncimea de aşchiere t, mm/cd							
	Pînă la 0,01	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,050
	Coeficientul β							
Oţel necălit	0,55	0,50	0,45	0,42	0,37	0,35	0,32	0,28
Oţel călit	0,50	0,45	0,42	0,38	0,35	0,32	0,30	0,25
Fontă, bronz	0,65	0,58	0,53	0,48	0,45	0,42	0,38	0,35

Tabelul 6.3

Viteza periferică a pieselor

Coeficientul β	Avansul de pătrundere t, mm/cd	Diametrul piesei de rectificat d, mm							
		20	40	60	80	100	140	200	300
		Viteza periferică a pieselor din oțel la rectificarea de degroșare, m/min							
0,3	0,015	38	47	53	58	62	68	75	85
	0,03	19	23	26	29	31	34	38	43
	0,05	11	14	16	17	18	20	22	25
0,4	0,015	28	35	40	43	46	51	57	65
	0,03	14	17	20	21	23	25	28	32
	0,05	8	10	12	13	14	15	17	19
0,5	0,015	22	28	32	34	37	41	45	52
	0,03	11	14	16	17	18	20	22	26
	0,05	6	8	9	10	11	12	13	15
0,6	0,015	19	24	26	29	30	34	37	43
	0,03	9	11	13	14	15	17	19	21
	0,05	6	7	8	8,5	9	10	11	13
0,7	0,015	16	20	22	25	26	29	32	36
	0,03	8	10	11	12	13	14	16	18
	0,05	5	6	7	7,5	8	9	10	11

N o t ă: 1. Valorile din tabel se măresc cu 10% la rectificarea pieselor din oțel necălit și cu 45% la rectificarea pieselor din fontă;

2. Valorile din tabel se micșorează cu 10—20% la rectificare de finisare.

Tabelul 6.4

Viteza periferică a discului abraziv, m/s

Materialul piesei de rectificat	Rectificarea de degroșare		Rectificarea de finisare	
	Avans manual	Avans automat	Avans manual	Avans automat
Fontă	18	23	20	25
Oțel necălit	25	30	30	40
Oțel călit	25	30	30	40

Valorile unghiului de înclinare a mesei la rectificarea pieselor conice

Conicitatea 1 : K	Unghiul conului	Unghiul de înclinare $\alpha/2$	Exemple de folosire
1 : 200	0°17′13″	0°8′37″	Stifturi conice
1 :100	0°34′23″	0°17′12″	
1 : 50	1°8′45″	0°34′23″	
1 : 30	1°54′35″	0°57′18″	
1 : 20,047	2°51′26″	1°25′43″	Conuri Morse nr. 1 pentru scule
1 : 20,020	2°51′46″	1°25′50″	Conuri Morse nr. 2 pentru scule
1 : 20	2°51′52″	1°25′56″	Conuri Metrice pentru scule
1 : 19,922	2°52′32″	1°26′16″	Conuri Morse nr. 3 pentru scule
1 : 19,254	2°56′31″	1°28′15″	Conuri Morse nr. 4 pentru scule
1: 19,212	2°58′54″	1°29′27″	Conuri Morse nr. 0 pentru scule
1 : 19,180	2°59′12″	1°29′36″	Conuri Morse nr. 6 pentru scule
1 : 19,002	3°0′53″	1°30′26″	Conuri Morse nr. 5 pentru scule
1 : 16	3°34′48″	1°47′24″	Piese pentru instalații
1 : 15	3°49′6″	1°54′33″	Biele pentru locomotive
1 : 8	7°7′30″	3°33′45″	Piese pemtru tractoare, colectare de mașini electrice
1 : 7	8°7′57″	4°3′58″	
1 : 5	11°25′16″	5°42′38″	Pivoți, ambreiaje cu frecare
1 : 4	14°2′10″	7°1′15″	Piese pentru instalații
1 : 3,429	16°35′40″	8°17′50″	Capete de axe la mașinile de frezat
1 : 0,5	90°	45°	Supape conice; vîrfuri de strung
1 : 0,289	120°	60°	Burghie de centrare

Tabelul 6.6

Adaosuri de prelucrare pe diametru pentru rectificarea rotundă interioară, mm

Materialul de rectificat	Diametrul nominal al piesei, mm	Lungimea de rectificat, mm						
		pînă la 10	10—25	25—50	50—100	100—150	150—200	200—300
Oţel călit	3—10	0,15...0,17	0,17...0,20	0,20...0,25	—	—	—	—
	10—18	0,17...0,20	0,20...0,25	0,22...0,27	0,27...0,32	0,35...0,45	—	—
	18—30	0,20...0,25	0,22...0,27	0,25...0,30	0,30...0,35	0,40...0,50	0,45...0,60	—
	30—50	0,25...0,35	0,27...0,37	0,30...0,40	0,35...0,45	0,50...0,65	0,55...0,70	0,60...0,75
	50—120	0,35...0,40	0,35...0,45	0,40...0,50	0,45...0,55	0,60...0,75	0,65...0,80	0,75...0,90
	120—180	0,40...0,50	0,40...0,50	0,45...0,55	0,50...0,60	0,60...0,80	0,70...0,90	0,75...0,95
	180—260	0,45...0,55	0,45...0,55	0,50...0,65	0,55...0,70	0,70...0,80	0,80...1,00	0,85...1,05
	260—360	0,55...0,65	0,55...0,65	0,60...0,75	0,65...0,80	—	—	—
Oţel necălit şi alte materiale	3—10	0,12...0,15	0,12...0,15	0,15...0,20	—	—	—	—
	10—18	0,15...0,17	0,15...0,17	0,15...0,20	0,20...0,25	—	—	—
	18—30	0,15...0,17	0,15...0,17	0,17...0,22	0,20...0,27	0,27...0,35	—	—
	30—50	0,17...0,20	0,17...0,22	0,20...0,25	0,25...0,32	0,30...0,35	0,35...0,45	0,40...0,50
	50—120	0,22...0,27	0,22...0,27	0,25...0,32	0,32...0,40	0,35...0,45	0,40...0,50	0,45...0,55
	120—180	0,30...0,35	0,32...0,37	0,35...0,40	0,37...0,45	0,40...0,50	0,45...0,55	0,55...0,65
	180—260	0,35...0,40	0,37...0,45	0,40...0,50	0,40...0,50	0,45...0,55	0,55...0,65	0,60...0,75
	260—360	0,40...0,50	0,45...0,55	0,45...0,55	0,50...0,60	0,50...0,60	0,55...0,70	0,60...0,75

Tabelul 6.7

Diametrele pietrelor abrazive funcție de diametrele alezajelor de prelucrat

Diametrul alezajului de rectificat, mm	Diametrul pietrei abrazive, mm	Diametrul alezajului de rectificat, mm	Diametrul pietrei abrazive, mm
12—17	10	55—70	50
17—22	15	70—80	65
22—27	20	80—100	75
27—32	25	100—130	90
32—45	30	130—150	115
45—55	40	peste 150	125

Tabelul 6.8

Lățimea pietrei abrazive funcție de lungimea de rectificat

Lungimea de rectificat, mm	14	30	45	50...55	75 și mai mare
Lățimea pietrei abrazive, mm	10	25	32	40	50

Tabelul 6.9

Viteza periferică a pietrei abrazive la rectificarea rotundă interioară

Diametrul pietrei abrazive, mm	9—12	13—18	19—22	22—25	26—30	31—33	34—41	42—45	50—95
Viteza periferică a pietrei, m/s	14	18	20,5	21,5	23,2	24,5	26	27,5	30

Tabelul 6.10

Avansuri de pătrundere la rectificarea rotundă interioară, mm/c.d.

Metalul de rectificat	Felul rectificării	Diametrul alezajului de rectificat d_p, mm				
		20—40	41—70	71—100	101—150	151—200
Oțel necălit	Degroșare	0,006—0,007	0,01 —0,012	0,012—0,015	0,014—0,017	0,016—0,02
Oțel călit	Degroșare	0,005—0,007	0,007—0,01	0,01 —0,012	0,013—0,015	0,015—0,018
Fontă, bronz	Degroșare	0,007—0,01	0,012—0,014	0,014—0,018	0,018—0,02	0,02 —0,025
Toate metalele	Finisare	0,002—0,003	0,003—0,005	0,005—0,007	0,007—0,008	0,008—0,009

Tabelul 6.11

Valorile coeficientului β la rectificarea rotundă interioară

Metalul rectificat	Felul rectificării	Raportul d_p/L, dintre diametrul și lungimea alezorului				
		4/1	2/1	1/1	1/2	1/3
Oțel	Degroșare	0,75—0,60	0,70—0,60	0,60—0,50	0,50—0,45	0.45—0,40
	Finisare	0,25—0,40	0.25—0,40	0,25—0,35	0.25—0.35	0,25—0,35
Fontă, bronz	Degroșare	0.80—0,70	0,70—0,65	0,65—0,55	0,55—0,65	0,50—0,45
	Finisare	0,30—0.45	0,30—0,45	0,30—0,40	0,35—0,40	0,30—0,40

Tabelul 6.12

Vitezele periferice ale pieselor la rectificarea interioară de degroșare a pieselor din oțel necălit

Diametrul alezajului de rectificat, mm	Coeficientul β pentru calculul avansului longitudinal									
	0,3		0,4		0,5		0,6		0,7	
	Avansul de pătrundere t, mm/c.d.									
	0,005	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
20	43,5	23,2	18	—	14,7		12,5	—	10,9	—
30	53,2	28,6	22	—	18	—	15,3	—	13,3	—
40	61,5	32,8	25,4	—	20,8	—	17,6	—	15,3	—
50	68,5	36,6	28,4	23,2	—	—	19,7	—	17,1	—
60	75,5	40,2	31	16,7	25,4	13,7	21,6	11,6	18,8	10,1
70	81,5	43,5	33,6	18	27,6	14,8	23,4	12,6	20,8	10,9
80	87	46,5	36	19,3	29,4	15,8	25	13,4	21,8	11,7
90	92,5	49,2	38,2	20,4	31,2	16,7	26,6	14,2	23,2	12,5
100	97,5	52	40,2	21,5	32,8	17,6	28	15	24,2	13
140	115	61,5	47,5	25,4	38,8	20,8	33	17,7	28,8	15,4
200	137	73,5	36,5	30,4	46,5	25	39,4	21	34,2	18,4
250	154	82,5	63,5	34	52	28	44,2	23,6	38,4	20,6
300	168	90,5	69,5	37,4	57	30,5	48,5	26	42	22,6

N o t ă: 1. Valorile din tabel se micșorează cu 10% la rectificarea pieselor din oțel călit și se măresc cu 30% la rectificarea pieselor din fontă.

2. Pentru durata economică de 10 min, valorile din tabel se micșorează cu 50%.

Tabelul 6.13

Avansuri de prelucrare la rectificarea plană, mm

Lungimea suprafeței de rectificat, mm	Lățimea suprafeței de rectificat, mm		
	<100	100—200	>200
<100	0,3	—	—
100—250	0,3	0,4	—
250—500	0,4	0,4	0,5
<500	0,4	0,5	0,6

Tabelul 6.14

Viteza periferică a pietrei abrazive la rectificarea plană, m/s

Procedeul de rectificare	Materialul piesei	Degroşare	Finisare
Rectificarea plană periferică	Oţel Fontă	22—25 20—22	25—30 22—25
Rectificarea plană frontală	Oţel Fontă	18—20 15—18	20—25 18—20

Tabelul 6.15

Valorile adîncimii de aşchiere la rectificarea plană periferică, mm

Felul rectificării	Coficientul ξ	Adîncimea de aşchiere, mm
Degroşare	0,25 0,35 0,50 0,75	0,0075—0,025 0,005 —0,020 0,005 —0,016 0,005 —0,014
Finisare	0,25 0,35	0,006 —0,008 0,003 —0,005

Tabelul 6.16

Avansurile longitudinale la rectificarea plană periferică a pieselor din oţel necălit pe maşini cu mişcare rectilinie a masei, m/min

Coeficentul ξ	Adîncimea de aşchiere, mm							
	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,040	0,050
0,30	67	40	29	24	20	18	14	12
0,40	50	30	22	18	15	13	11	9
0,50	40	24	18	14	12	10	8	7
0,60	33	20	15	12	10	9	7	6
0,70	29	17	13	10	8	7	6	5

N o t ă: Valorile din tabel se micşorează cu 10% la rectificarea pieselor din oţel călit şi se măreşte cu 30% la rectificarea pieselor din fontă şi bronz.

Tabelul 6.17

Adîncimea de aşchiere la rectificarea plană frontală a pieselor din oţel necălit pe maşini cu mişcare rectilinie a mesei, mm

Lăţimea de rectificat, mm	Caracterul suprafeţei de rectificat		
	Discontinuă	Continuă la piese rigide	Continuă la piese nerigide (subţiri)
100	0,037	0,029	0,019
100—150	0,027	0,021	0,014
150—200	0,022	0,017	0,011
200—250	0,018	0,014	0,009
250—300	0,013	0,011	0,008
300—400	0,011	0,008	0,007
400—500	0,010	0,008	0,007

N o t ă: Valorile din tabel se micşorează cu 10% la rectificarea pieselor din oţel călit şi se măreşte cu 30% la rectificarea pieselor din fontă şi bronz.

7. MAȘINI-UNELTE SPECIALIZATE

7.1. MAȘINI-UNELTE DE DANTURAT

7.1.1. Danturarea roților cilindrice prin frezare cu freza-melc

Problemele din acest paragraf vor fi aplicații la calculul de reglare a mașinii de danturat cu freza melc FD320A, de construcție românească, a cărei schemă cinematică este prezentată în figura 7.1. Destinația acestei mașini este prelucrarea roților dințate cilindrice cu dinți drepți și înclinați, a roților melcate prin metoda avansului radial și tangențial a roților de lanț, a roților de clichet, a arborilor canelați etc. Roțile cilindrice pot fi prelucrate prin frezare în sensul avansului, în sens contrar avansului, precum și prin metoda avansului diagonal.

7.1.1.1. Notații folosite

n_p este turația piesei, rot/min;
n_s — turația frezei melc, rot/min;
z_p — numărul de dinți ai piesei;
k — numărul de începuturi ale frezei melc;
v_a — viteza de așchiere, m/min;
v_s — viteza de avans, mm/min;
D_e — diametrul exterior al frezei melc, mm;

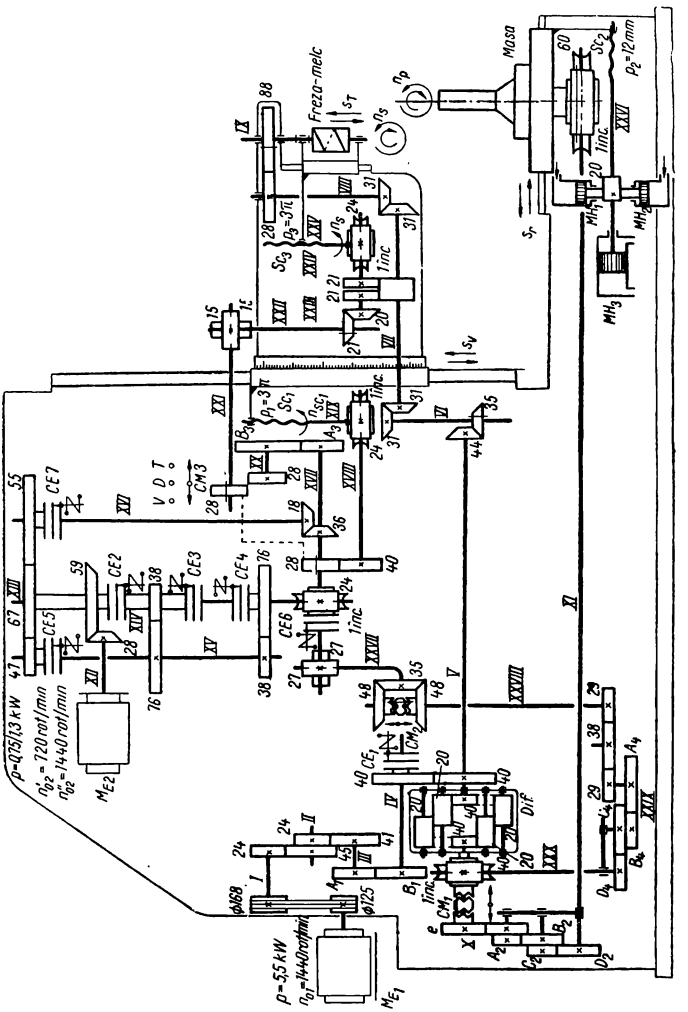


Fig. 7.1. Schema cinematică a mașinii de danturat cu freza melc FD320A

A_1, B_1 sînt roți de schimb pentru reglarea vitezei de așchiere;

e, f — roți de comutare folosite în lanțul de rulare;

A_2, B_2, C_2, D_2 — roți de schimb pentru lanțul de rulare-divizare;

m — modulul roții de prelucrat, mm;

m_a — modulul aparent, mm;

m_n — modulul normal, mm;

β — unghiul de înclinare a elicei dinților roții piesă, grade (fig. 7.2);

p_a — pasul aparent, mm (fig. 7.2);

p_n — pasul normal, mm (fig. 7.2);

n_{sp} — turația suplimentară a piesei, rot/min;

A_4, B_4; C_4, D_4 — roți de schimb pentru lanțul de filetare;

p_1 — pasul șurubului conducător pentru avans vertical, mm (fig. 7.1);

p_3 — pasul șurubului conducător pentru avans tangențial, mm (fig. 7.1);

s_v — avansul vertical, mm/rot;

s_t — avansul tangențial, mm/rot;

L — lățimea roții piesă, mm;

A_3, B_3 — roți de schimb pentru avansul tangențial;

p_m — pasul axial al elicei frezei melc, mm (pentru $k=1$);

γ — unghiul de pantă al elicei melcului, grade (fig. 7.3);

n_{sc1} — turația șurubului conducător pentru avans vertical (fig. 7.1);

i'_{Dif}, i''_{Dif} — rapoartele de transmitere ale diferențialului;

Ed — eroarea direcției dintelui (după STAS 6273-60).

7.1.1.2. Formule de calcul

$$\frac{A_1}{B_1} = 2{,}38\,\frac{v_a}{D_e}; \qquad (7.1)$$

$$\frac{n_p}{n_s} = \frac{k}{z_p}; \tag{7.2}$$

$$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2} = 24\frac{k}{z_p}; \tag{7.3}$$

$$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2} = 48\frac{k}{z_p}; \tag{7.4}$$

$$\frac{n_{sp}}{n_{sc1}} = \frac{p_1}{p_E}; \tag{7.5}$$

$$p_E = \frac{\pi m_n z_p}{\sin\beta}\ [\text{mm}]; \tag{7.6}$$

$$\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4} = \pm 6\frac{\sin\beta}{kz_p}; \tag{7.7}$$

$$p_m = \frac{\pi m_n}{\cos\gamma}\ [\text{mm}]; \tag{7.8}$$

$$\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4} = \pm 6\frac{\cos\gamma}{km_n}; \tag{7.9}$$

$$\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4} = \pm 3\frac{\cos\gamma}{km_n}; \tag{7.10}$$

$$\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4} = \pm\ 1{,}5\frac{\cos\gamma}{km_n}; \tag{7.11}$$

$$v_s = \frac{n_s k}{z_p} s_v\ \ [\text{mm/min}]; \tag{7.12}$$

$$Ed = L(\text{tg}\beta_1 - \text{tg}\beta)\ \ [\mu\text{m}]. \tag{7.13}$$

7.1.1.3. Probleme rezolvate

1. Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic principal, pentru obținerea vitezei de așchiere la danturarea cu freza melc.

Rezolvare. Lanțul cinematic principal asigură rotirea frezei melc, deci viteza de așchiere. Mișcarea de rotație la freza melc se transmite de la motorul electric M_{E1} și se reglează

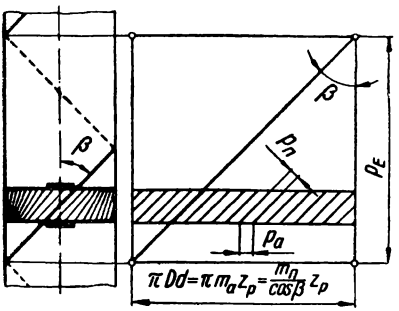


Fig. 7.2. Elementele geometrice ale roții cu dinți înclinați

prin roțile de schimb A_1—B_1. Ecuația lanțului cinematic este

$$n_s = 1\,440 \frac{125}{168}\frac{24}{45}\frac{24}{41}\frac{A_1}{B_1}\frac{40}{40}\frac{44}{35}\frac{31}{31}\frac{31}{31}\frac{28}{88} \text{ [rot/min]},$$

de unde, înlocuind n_s din (1.3) și simplificînd, se obține formula:

$$\frac{A_1}{B_1} = 2{,}38 \frac{v_a}{D_e}.$$

2. Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic de rulare-divizare.

Rezolvare. Mișcarea de rulare-divizare, asigurarea angrenării între piesă și freza melc, se realizează printr-un lanț cinematic închis între sculă și piesă (sculă-arborii *IX*, *VIII*, *VII*, *VI*, *V*, *Dif*, *X*, *XI*-piesă), ale cărui capete trebuie să aibă turațiile într-un raport dat de (7.2). La prelucrarea roților dințate cu dinți drepți și a roților melcate prin metoda avansului radial, diferențialul *Dif* este blocat prin deplasarea cuplajului CM_1 în poziția 1, în care caz raportul de transmitere al diferențialului de la arborele *V* la arborele *X* este $i_{Dif} = 1$.

Ecuația lanțului cinematic este

$$n_p = n_s \frac{88}{28}\frac{31}{31}\frac{31}{31}\frac{35}{44} \cdot 1 \cdot \frac{e}{f}\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2}\frac{1}{60},$$

de unde, considerînd relația (7.2) și simplificînd, rezultă

$$\frac{A}{B}\frac{C_2}{D_2} = 24\frac{f}{e}\frac{k}{z_p}.$$

Pentru $z_p \leqslant 200$ dinți $e=f=36$, formula de reglare fiind

$$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2} = 24\frac{k}{z_p},$$

iar pentru $z_p > 200$ dinți $e=24$ și $f=48$ și se obține formula

$$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2} = 48\frac{k}{z_p}.$$

3. Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic pentru mișcarea suplimentară (numit și lanț cinematic de filetare sau lanțul diferențialului).

Rezolvare. Lanțul cinematic de filetare se folosește pentru prelucrarea roților cu dinți înclinați, a roților melcate prin metoda avansului tangențial și la prelucrarea roților cilindrice prin metoda avansului diagonal. În aceste cazuri diferențialul este cuplat cu roata melcată *40* prin cuplajul CM_1 în poziția *2*, raportul de transmitere al diferențialului de la arborele *XXX* la arborele *X* fiind $i''_{Dif} = 2$.

a. *Prelucrarea roților cu dinți înclinați.* Lanțul cinematic de filetare este considerat de la șurubul conducător pentru avans vertical S_{c_1} pînă la piesă (S_{c_1} — arborii *XVIII*, *XVII*, *XXVII*, *XXVIII*, *XXIX*, *XXX*, *Dif*, *X*, *XI*-piesă). Ecuația lanțului este

$$n_{sp} = n_{sc_1} \frac{24}{1}\frac{40}{28}\frac{27}{27}\frac{35}{48}\frac{29}{38}\frac{38}{29}\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4}\frac{1}{40} \cdot 2 \cdot \frac{e}{f}\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2}\frac{1}{60},$$

de unde, considerînd relațiile (7.3), (7.5) și (7.6), se obține formula

$$\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4} = \pm 6\frac{\sin\beta}{km_n}.$$

Mișcarea suplimentară introdusă în lanțul cinematic de rulare, prin diferențial, se însumează algebric (cu plus sau minus) cu mișcarea de rulare. Semnul este determinat de sensul elicei melcului și al elicei dintelui roții. În fig. 7.3 sînt prezentate cele patru cazuri posibile și anume: semnul plus pentru același sens și semnul minus pentru sensuri diferite ale elicei melcului și elicei dintelui roții. Sensul mișcării se stabilește prin inversorul cu roți conice de pe arborele *XXVIII*.

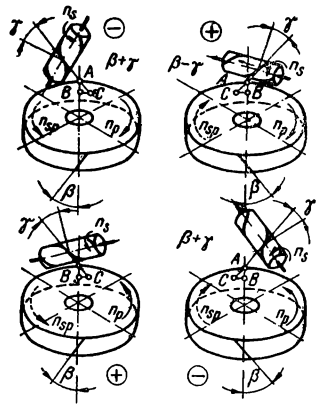


Fig. 7.3. Semnul mișcării suplimentare n_{sp} în raport cu mișcarea de rulare n_p

b. *Prelucrarea roților melcate prin metoda avansului tangențial.* Lanțul cinematic de filetare este închis între șurubul conducător S_{c3} și piesă (S_{c3}-arborii *XXIV*, *XXIII*, *XXII*, *XX*, *XVII*, *XXVII*, *XXVIII*, *XXIX*, *XXX*, *Dif*, *X*, *XI*-piesă). Pentru a scrie ecuația lanțului cinematic se consideră că la deplasarea frezei melc cu pasul axial p_m șurubul conducător S_{c3} se va roti cu $\frac{p_m}{p_3}$ rotații, în timp ce piesa se va roti cu $\frac{1}{z_p}$ rotații. Ecuația lanțului este

$$\frac{1}{z_p} = \frac{p_m}{p_3}\left|\frac{24}{1}\frac{20}{21}\frac{15}{15}\frac{28}{28}\frac{B_3}{A_3}\frac{27}{27}\frac{35}{48}\frac{29}{38}\frac{38}{29}\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4}\frac{1}{40}\right. \cdot 2 \cdot \frac{e}{f}\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2}\frac{1}{60},$$

de unde, ținînd seamă de relațiile (7.3) și (7.8) și considerînd $e=f=36$, se obține

$$\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4} = 3\frac{A_3}{B_3}\frac{\cos\gamma}{km_n}.$$

Funcție de raportul de transmitere al roților de schimb pentru reglarea avansului tangențial se obțin următoarele formule pentru reglarea lanțului de filetare:

$$\frac{A_3}{B_3} = \frac{50}{25}; \quad \frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4} = \pm 6\frac{\cos\gamma}{km_n};$$

$$\frac{A_3}{B_3} = \frac{37}{37}; \quad \frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4} = \pm 3\frac{\cos\gamma}{km_n};$$

$$\frac{A_3}{B_3} = \frac{25}{50}; \quad \frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4} = \pm 1{,}5\frac{\cos\gamma}{km_n}.$$

Semnul plus se ia pentru cazul elice melc dreapta și semnul minus pentru elice melc stînga (fig. 7.4).

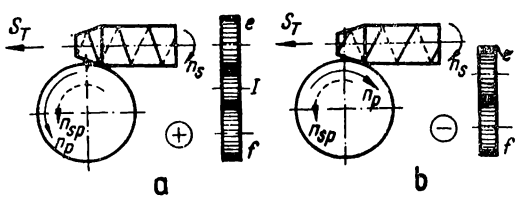


Fig. 7.4. Sensul mișcării suplimentare și montarea roților de comutare la danturarea roților melcate prin metoda avansului tangențial:
a — freză melc cu elice pe dreapta; *b* — freză melc cu elice pe stînga

c. La prelucrarea roților dințate prin metoda avansului diagonal pot fi întîlnite două cazuri:

— prelucrarea dinților drepți, în care caz lanțul cinematic de filetare se reglează cu una din formulele: (7.9), (7.10) sau (7.11);

— prelucrarea dinților înclinați, formulele de reglare a lanțului de filetare fiind o însumare a relației (7.7) cu una din relațiile (7.9), (7.10) sau (7.11), funcție de roțile A_3—B_3 folosite în lanțul de avans tangențial.

4. Să se determine valorile vitezei de avans vertical.

Rezolvare. Lanțul cinematic pentru avans vertical este antrenat de motorul electric M_{E2}, cu două turații ($n'_{02}=720$ rot/min și $n''_{02}=1\,440$ rot/min), avînd pentru reglare o cutie de avansuri cu roți dințate și cuplaje electromagnetice. Funcție de cuplările realizate și folosind cele două turații ale motorului electric se obțin opt valori ale vitezei de avans.

Variantele cuplărilor:

1. *CE2—CE4—CE6*; 2. *CE5—CE4—CE6*; 3. *CE2—CE3—CE6*; 4. *CE5—CE3—CE6*.

Pentru $n'_{02}=720$ rot/min se obțin valorile:

$$v_{sv1}=720\,\frac{28}{59}\,\frac{38}{76}\,\frac{38}{76}\,\frac{1}{24}\,\frac{28}{40}\,\frac{1}{24}\,3\pi=1{,}0\ \text{[mm/min]};$$

$$v_{sv2}=720\,\frac{28}{59}\,\frac{67}{47}\,\frac{38}{76}\,\frac{1}{24}\,\frac{28}{40}\,\frac{1}{24}\,3\pi=2{,}8\ \text{[mm/min]};$$

$$v_{sv3}=720\,\frac{28}{59}\,\frac{1}{24}\,\frac{28}{40}\,\frac{1}{24}\,3\pi=4{,}0\ \text{[mm/min]};$$

$$v_{sv4}=720\,\frac{28}{59}\,\frac{67}{47}\,\frac{76}{38}\,\frac{1}{24}\,\frac{28}{40}\,\frac{1}{24}\,3\pi=11{,}2\ \text{[mm/min]}.$$

Pentru aceleași cuplări, folosind turația $n''_{02}=1\,440$ rot/min se obțin valorile:

$$v'_{sv1}=1\,440\,\frac{28}{59}\,\frac{38}{76}\,\frac{38}{76}\,\frac{1}{24}\,\frac{28}{40}\,\frac{1}{24}\,3\pi=2{,}0\ \text{[mm/min]};$$

$$v'_{sv2}=1\,440\,\frac{28}{59}\,\frac{67}{47}\,\frac{38}{76}\,\frac{1}{24}\,\frac{28}{40}\,\frac{1}{24}\,3\pi=5{,}6\ \text{[mm/min]};$$

$$v'_{sv3}=1\,440\,\frac{28}{59}\,\frac{1}{24}\,\frac{28}{40}\,\frac{1}{24}\,3\pi=8{,}0\ \text{[mm/min]};$$

$$v_{sv4}=1\,440\,\frac{28}{59}\,\frac{67}{47}\,\frac{76}{38}\,\frac{1}{24}\,\frac{28}{40}\,\frac{1}{24}\,3\pi=22{,}5\ \text{[mm/min]}.$$

Valorile obținute sînt trecute în tabelul 7.1.

Tabelul 7.1

Valorile vitezelor de avans la mașina de danturat FD320A

Turația motorului electric M_{E2} n_{02} rot/min	Cuplaje închise	Viteza de avans vertical v_{sv}, mm/min	Viteza de avans tangențial v_{st}, mm/min		
			$\frac{A_3}{B_3}=\frac{25}{50}$	$\frac{A_3}{B_3}=\frac{37}{37}$	$\frac{A_3}{B_3}=\frac{50}{25}$
720	CE2–CE4–CE6	1,0	0,25	0,5	1,0
1 440	CE2–CE4–CE6	2,0	0,5	1,0	2,0
720	CE5–CE4–CE6	2,8	0,7	1,4	2,8
720	CE2–CE3–CE6	4,0	1,0	2,0	4,0
1 440	CE5–CE4–CE6	5,6	1,4	2,8	5,6
1 440	CE2–CE3–CE6	8,0	2,0	4,0	8,0
720	CE5–CE3–CE6	11,2	2,8	5,6	11,2
1 440	CE5–CE3–CE6	22,5	5,6	11,2	22,5

5. Să se facă calculele pentru determinarea valorilor vitezelor de avans tangențial (avansul axial al frezei melc).

Rezolvare. Ținînd seamă de aceleași variante ale cuplărilor (considerate în ordinea trecută în tabelul 7.1) și de cele două turații ale motorului M_{E2} se pot scrie următoarele ecuații, de la motorul M_{E2} la șurubul conducător $Sc3$:

$$v_{sT1} = 720\,\frac{28}{59}\frac{38}{76}\frac{38}{76}\frac{1}{24}\frac{A_3}{B_3}\frac{28}{28}\frac{15}{15}\frac{21}{20}\frac{1}{24}\,\pi = 0{,}5\,\frac{A_3}{B_3};$$

$$v_{sT3} = 720\,\frac{28}{59}\frac{67}{47}\frac{38}{76}\frac{1}{24}\frac{A_3}{B_3}\frac{28}{28}\frac{15}{15}\frac{21}{20}\frac{1}{24}\,\pi = 1{,}4\,\frac{A_3}{B_3};$$

$$v_{sT4} = 720\,\frac{28}{59}\frac{1}{24}\frac{A_3}{B_3}\frac{28}{28}\frac{15}{15}\frac{21}{20}\frac{1}{24}\,\pi = 2{,}0\,\frac{A_3}{B_3};$$

$$v_{sT7} = 720\,\frac{28}{59}\frac{67}{47}\frac{76}{38}\frac{1}{24}\frac{A_3}{B_3}\frac{28}{28}\frac{15}{15}\frac{21}{20}\frac{1}{24}\,\pi = 5{,}6\,\frac{A_3}{B_3};$$

$$v_{sT2} = 1\,440\,\frac{28}{59}\frac{38}{76}\frac{38}{76}\frac{1}{24}\frac{A_3}{B_3}\frac{28}{28}\frac{15}{15}\frac{21}{20}\frac{1}{24}\,\pi = 1{,}0\,\frac{A_3}{B_3};$$

$$v_{sT5} = 1\,440\,\frac{28}{59}\frac{67}{47}\frac{38}{76}\frac{1}{24}\frac{A_3}{B_3}\frac{28}{28}\frac{15}{15}\frac{21}{20}\frac{1}{24}\,\pi = 2{,}8\,\frac{A_3}{B_3};$$

$$v_{sT6} = 1\,440 \frac{28}{59} \frac{1}{24} \frac{A_3}{B_3} \frac{28}{28} \frac{15}{15} \frac{21}{20} \frac{1}{24} \pi = 4{,}0 \frac{A_3}{B_3};$$

$$v_{sT8} = 1\,440 \frac{28}{59} \frac{67}{47} \frac{76}{38} \frac{1}{24} \frac{A_3}{B_3} \frac{28}{28} \frac{15}{15} \frac{21}{20} \frac{1}{24} \pi = 11{,}2 \frac{A_3}{B_3}.$$

Înlocuind în aceste ecuații roțile de schimb prin rapoartele:

$$\frac{A_3}{B_3} = \frac{25}{50}; \quad \frac{A_3}{B_3} = \frac{37}{37} \quad \text{și} \quad \frac{A_3}{B_3} = \frac{50}{25}$$

se obțin 24 valori, trecute în tabelul 7.1.

6. Să se calculeze turația frezei melc și roțile de schimb A_1—B_1, fiind cunoscute: viteza de așchiere v_a=25 m/min și diametrul frezei D_e=80 mm.

Rezolvare.

$$\frac{A_1}{B_1} = 2{,}38 \frac{25}{80} = \frac{59{,}5}{80} = 0{,}7437,$$

de unde A_1=0,7437 B_1. Cunoscînd că A_1+B_1=58, se poate scrie 0,7437 B_1+B_1=58, sau 1,7437 B_1=58, de unde

$$B_1 = 34 \text{ și } A_1 = 58 - 34 = 24.$$

Setul de roți de schimb este: 18; 21; 24; 27; 31; 34; 37 și 40.

Turația frezei, din (1.3)

$$n_s = \frac{1\,000 \cdot 25}{\pi 80} = 99{,}5 \text{ [rot/min]}.$$

Valorile rotunjite ale turațiilor ce se obțin la mașină sînt trecute în graficul din figura 7.5. Turația se găsește la intersecția liniei orizontale, dusă de la valoarea cunoscută a vitezei de așchiere, cu linia verticală dusă după valoarea diametrului frezei melc. Cînd la această intersecție nu se găsește o linie a turației se adoptă valoarea inferioară. Astfel, în cazul problemei date se adoptă turația n_s=95 rot/min.

Se calculează viteza efectivă de așchiere

$$v_a = \frac{\pi 80 \cdot 95}{1\,000} = 23{,}9 \text{ [m/min]}$$

7. Să se determine roțile de schimb pentru reglarea lanțului cinematic de rulare-divizare la prelucrarea unei roți dințate cu dinți drepți, fiind cunoscute: $z_p = 71$; $k=1$; $\gamma=2°36'$; elicea frezei melc pe stînga.

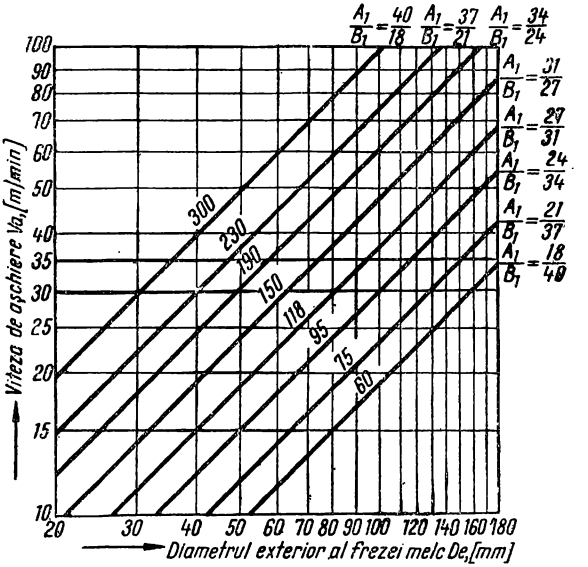


Fig. 7.5. Graficul turațiilor la mașina FD320A

Rezolvare. Se aplică formula (7.3)

$$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2} = 24\frac{1}{71} = \frac{6}{1}\frac{4}{71} = \frac{6}{1}\frac{4}{71}\frac{60}{60} = \frac{36}{60}\frac{40}{71}.$$

Verificarea posibilității de montare se face cu relațiile (1.14):

$$36+60>40+20;\ 40+71>60+20.$$

Suportul frezei melc se înclină cu unghiul $\gamma=2°36'$ (figura 7.6, *b*), iar roțile de comutare au valorile: $e=f=36$, fiind montate cu intermediară (fig. 7.6, *b* dreapta).

În tabelul 7.2 sînt prezentate roțile de schimb pentru reglarea lanțului cinematic de rulare-divizare pentru diferite numere de dinți, precum și setul de roți de schimb al mașinii.

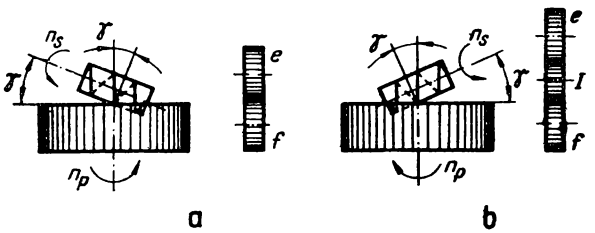


Fig. 7.6. Montarea frezei melc și a roților de comutare la danturarea dinților drepți :
a — freza melc cu elice pe dreapta; *b* — freza melc cu elice pe stînga.

8. Să se facă calculele de reglare a mașinii pentru prelucrarea unei roți dințate cu dinți înclinați, în clasa 3-a de precizie, fiind cunoscute : $z_p=45$; $k=1$; $m_n=3$ mm ; $\beta=12°$; $\gamma=2°08'$; $D_e=90$ mm ; $v_a=21{,}5$ m/min ; elicea frezei melc pe dreapta ; înclinarea dinților roții de prelucrat pe stînga ; $s_v=1{,}25$ mm/rot piesă și $L=32$ mm.

Rezolvare. Roțile de schimb pentru lanțul cinematic principal se calculează cu (7.1)

$$\frac{A_1}{B_1}=2{,}38\frac{21{,}5}{90}=0{,}568.$$

Din relațiile $A_1=0{,}568\,B_1$ și $A_1+B_1=58$ rezultă : $A_1=21$; $B_1=37$.

Turația frezei melc se calculează cu (1.3) astfel : $n_s=$ $=\frac{1\,000\cdot 21{,}5}{\pi\,90}=76$ rot/min.

După graficul turațiilor (fig. 7.5) se adoptă $n_s=75$ rot/min. Viteza efectivă de așchiere conform relației (1.3) este $v_a=$ $\frac{\pi\,90\cdot 75}{1\,000}=21{,}2$ m/min.

Roţile de schimb pentru reglarea lanţului cinematic de rulare la maşinile de danturat prin frezare FD320A

Numărul de dinţi z_p	Roţile de schimb				Numărul de dinţi z_p	Roţile de schimb				Numărul de dinţi z_p	Roţile de schimb			
	A_2	B_2	C_2	D_2		A_2	B_2	C_2	D_2		A_2	B_2	C_2	D_2
12	40	60	72	24	52	40	65	60	80	92	36	69	40	80
13	40	65	72	24	53	36	53	60	90	93	24	80	60	62
14	40	70	90	30	54	24	72	80	60	94	36	60	40	94
15	36	60	80	30	55	24	66	72	60	95	24	90	72	76
16	36	72	90	30	56	40	70	50	80	96	30	60	40	80
17	60	36	72	85	57	24	76	80	60	97	36	60	40	97
18	36	72	80	30	58	24	87	90	60	98	30	63	36	70
19	40	76	72	30	59	36	59	40	60	99	40	60	24	66
20	36	60	80	40	60	36	—	—	90	100	24	90	72	80
21	60	30	40	70	61	36	60	40	61	102	30	60	40	85
22	36	66	80	40	62	36	60	40	62	104	30	65	40	80
23	36	69	80	40	63	40	70	60	90	105	24	70	40	60
24	30	60	72	36	64	36	72	60	80	106	36	53	30	90
25	36	90	72	30	65	36	60	40	65	108	30	60	40	90
26	30	65	72	36	66	36	60	40	66	110	36	60	24	66
27	24	72	80	30	67	36	60	40	67	111	24	90	60	74
28	30	70	80	40	68	30	—	—	85	112	30	70	40	80
29	24	87	90	30	69	36	60	40	69	114	40	60	24	76
30	30	75	80	40	70	36	60	40	70	115	24	69	36	60
31	36	62	80	60	71	36	60	41	71	116	30	60	36	87
32	36	72	90	60	72	36	60	40	72	117	40	65	30	90
33	36	66	80	60	73	36	60	40	73	118	40	59	24	80
34	30	85	80	40	74	36	60	40	74	119	30	70	40	85
35	36	70	80	60	75	36	60	40	75	120	36	60	24	72
36	36	72	80	60	76	36	60	40	76	121	24	65	36	66
37	36	74	80	60	77	36	65	40	70	122	30	61	36	90
38	36	76	80	60	78	36	72	40	65	123	36	82	40	90
39	30	65	80	60	79	36	60	40	79	124	30	62	36	90
40	40	60	72	80	80	36	60	40	80	125	36	60	24	75
41	36	82	80	60	81	24	90	80	72	126	30	70	40	90
42	40	—	—	70	82	36	60	40	82	128	30	72	36	80
43	24	86	80	40	83	36	60	40	83	129	40	60	24	86
44	24	66	60	40	84	30	70	60	90	130	30	65	36	90
45	24	90	80	40	85	36	60	40	85	132	30	66	36	90
46	30	60	72	69	86	36	60	40	86	133	24	70	40	76
47	24	94	80	40	87	36	60	40	87	134	30	67	36	90
48	30	—	—	60	88	36	66	40	80	135	40	60	24	90
49	30	70	72	63	89	36	60	40	89	136	30	80	40	85
50	28	70	72	60	90	36	60	40	90	138	30	69	36	90
51	30	85	80	60	91	30	65	40	70	140	30	70	36	90

Tabelul 7.2 (continuare)

Numărul de dinți z_p	Roțile de schimb				Numărul de dinți z_p	Roțile de schimb				Numărul de dinți z_p	Roțile de schimb			
	A_2	B_2	C_2	D_2		A_2	B_2	C_2	D_2		A_2	B_2	C_2	D_2
141	40	60	24	94	160	30	80	36	90	180	24	80	40	90
142	30	71	36	90	161	30	70	24	69	182	24	70	30	78
143	30	65	24	66	162	24	72	40	90	183	30	61	24	90
144	30	72	36	90	164	30	82	36	90	184	30	69	24	80
145	36	60	24	87	165	36	66	24	90	185	24	74	36	90
146	30	73	36	90	166	30	83	36	90	186	24	62	30	90
147	24	70	40	84	168	24	70	30	72	187	24	66	30	85
148	30	74	36	90	169	24	65	30	78	188	30	66	24	94
150	36	60	24	90	170	30	85	36	90	189	24	84	40	90
152	20	76	36	90	171	24	76	40	90	190	24	76	92	80
153	30	85	40	90	172	30	86	36	90	192	24	72	30	80
154	24	66	30	70	174	30	87	36	90	194	30	60	24	97
155	36	62	24	90	175	24	70	36	90	195	30	65	24	90
156	24	65	30	72	176	30	66	24	80	196	30	60	24	98
158	30	79	36	90	177	30	59	24	90	198	30	66	24	90
159	30	53	24	90	178	30	60	24	89	200	24	80	36	90

Setul de roți de schimb

24 ; 28 ; 30 ; 36 ; 40 ; 53 ; 59 ; 60 ; 61 ; 62 ; 63 ; 65 ; 66 ; 67 ; 69 ; 70 ; 71 ; 72 ; 73 ; 74 ; 75 ; 78 ; 79 ; 80 ; 82 ; 83 ; 85 ; 86 ; 87 ; 89 ; 90 ; 94 ; 97. m=2 mm.

Roțile de schimb pentru lanțul cinematic de rulare-divizare se calculează cu (7.3),

astfel: $$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2} = 24\frac{1}{45} = \frac{24}{45}\frac{80}{80} = \frac{24}{90}\frac{80}{40}.$$

Roțile de schimb pentru lanțul cinematic al mișcării suplimentare se calculează cu relația (7.7), cu semnul minus (după fig. 7.3). Astfel,

$$\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4} = -6 \cdot \frac{0{,}207912}{3} = -0{,}415824.$$

Determinarea exactă a roților de schimb care satisfac raportul 0,415824 este dificilă. De aceea calculul se face cu aproximație. Astfel, luînd $\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4} = 0{,}416$ se transformă frac-

ția zecimală în fracție ordinară, se fac simplificări pînă cei fracția devine ireductibilă, se descompun termenii în factor primi și se obține $\frac{416}{1\,000} = \frac{2^2 \cdot 13}{5^3}$.

Aranjînd raportul sub forma $\frac{13}{25}\frac{4}{5}$ și înmulțind ambii termeni cu 30 se obține

$$\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4} = \frac{39\,40}{75\,50}.$$

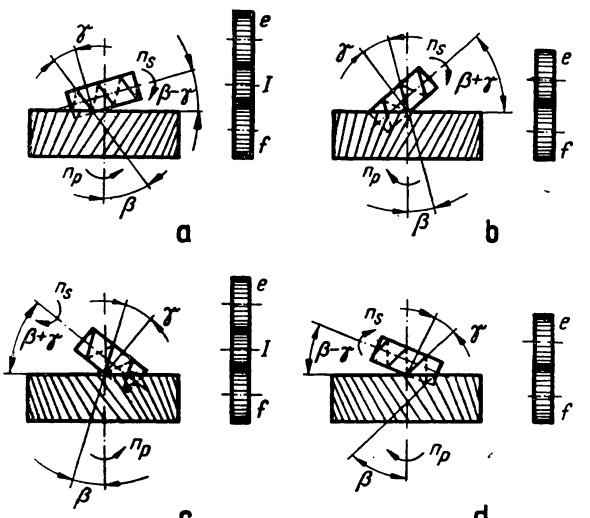


Fig. 7.7. Montarea frezei melc și a roților de comutare la danturarea dinților înclinați:

a — freza melc cu elice pe dreapta și dinții roții cu elice pe dreapta; *b* — freza melc cu elice pe stînga și dinții roții cu elice pe dreapta; *c* — freza melc cu elice pe dreapta și dinții roții cu elice pe stînga; *d* — freza melc cu elice pe stînga și dinții roții cu elice pe stînga

Verificînd posibilitatea de montare (1.14) se constată că roțile nu se pot monta ($40+50<75+20$). Situația se rezolvă schimbînd între ele roțile B_4 și D_4. În acest caz se obține

$$\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4} = \frac{39\,40}{50\,75},$$

montarea roților fiind posibilă.

Suportul frezei melc se înclină cu unghiul $\beta+\gamma=12+^\circ+2^\circ08'=14^\circ08'$ (fig. 7.7, *c*), iar roțile de comutare au valorile $e=f=36$, fiind montate cu intermediară (fig. 7.7, *c* dreapta).

Eroarea introdusă prin aproximarea raportului roților de schimb se reflectă în modificarea unghiului de înclinare a direcției dintelui de la β la β_1. Se calculează acest unghi cu (7.7), în care se introduc roțile de schimb determinate,

$$\sin\beta_1=\frac{3}{6}\,\frac{39}{50}\,\frac{40}{75}=0{,}208000.$$

În tabele [9] această valoare se găsește între $\sin 12^\circ=0{,}207912$ și $\sin 12^\circ5'=0{,}209334$. Unghiul β_1 se găsește prin interpolare.

Se efectuează diferențele: $0{,}209334-0{,}207912=0{,}001412$ și $0{,}208000-0{,}207912=0{,}000088$. Raționamentul pentru interpolare este următorul: dacă sinusul crește cu 0,001412 (de la 0,207912 la 0,209334) unghiul crește cu 5′ (de la 12° la 12°5′), dacă sinusul crește cu 0,000088 (de la 0,207912 la 0,208000) unghiul crește cu x' (de la 12° la $12^\circ x'$). x' se determină prin regula de trei simplă

$$0{,}001412\ldots\ldots\ldots\ldots 5'$$

$$0{,}000088\ldots\ldots\ldots\ldots x',$$

de unde

$$x'=\frac{0{,}000088\cdot5'}{0{,}001412}=0{,}3'.$$

Transformînd în secunde de grad se obține $0{,}3'\cdot60=18''$, deci unghiul căutat este $\beta_1=12^\circ00'18''$.

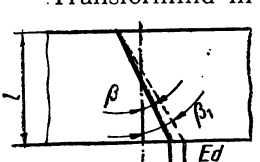


Fig. 7.8. Eroarea de înclinare a dintelui

Eroarea direcției dintelui *Ed* (fig. 7.8) se calculează cu (7.13), în care $\operatorname{tg}\beta_1=0{,}212648$ (obținută prin interpolare).

$$Ed=32\,(0{,}212648-0{,}212557)=$$
$$=0{,}002912\text{ mm}\quad 3\mu\text{m}.$$

În STAS 6273-60 (Angrenaje cilindrice — Toleranțe) sînt date valorile toleranțelor erorii direcției dintelui, *Td*. Pentru clasa 3-a de precizie, la $m=1\ldots10$ mm și lățimea roții pînă la 55 mm $Td=6{,}5$ μm.

Un calcul mai precis este indicat în literatura de specialitate [5 și 12] și este bazat pe metoda fracțiilor conjugate, precum și în §. 7.1.3.

În tabelul 7.3 sînt date roțile de schimb pentru prelucrarea unor roți dințate cu dinți înclinați, de înclinare β și modul normal m_n.

Viteza avansului vertical (7.12) este $v_{sv} = \frac{75}{45} \cdot 1{,}25 = 2{,}07$ mm/min. Din tabelul 7.1 se alege valoarea cea mai apropiată, $v_{sv}=2{,}0$ mm/min, și se fac cuplările indicate în tabel ($n_{02} = 1440$ rot/min; cuplaje închise: $CE2$; $CE4$ și $CE6$).

Valoarea reală a avansului este $s_v = 2{,}0 \frac{45}{75} = 1{,}2$ mm/rot.

9. Să se facă calculul de reglare a mașinii pentru prelucrarea unei roți melcate prin metoda avansului tangențial, fiind cunoscute: $z_p=86$; $m_a = 4$ mm; $k=1$; $v_a=30$ m/min; $D_e=80$ mm; $v_{sT} = 1{,}4$ mm/min; elicea frezei pe dreaptă.

Rezolvare. După relația (7.1) $\frac{A_1}{B_1} = 2{,}38 \frac{30}{80} = 0{,}89$, de unde $A_1=0{,}89\,B_1$. Deoarece $A_1+B_1=58$ se obține $B_1=31$ și $A_1=27$. Turația frezei este $n_s = \frac{1\,000 \cdot 30}{\pi 80} = 119{,}4$ rot/min. Turația mașinii este $n_s=118$ rot/min (fig. 7.5). Viteza de așchiere recalculată este $v_a = \frac{\pi 80 \cdot 118}{1\,000} = 29{,}6$ mm/min.

După relația (7.3)

$$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2} = 24\frac{1}{86} = \frac{24}{86} = \frac{36}{60}\frac{40}{86}.$$

Roțile de comutare $e=f=36$ se montează cu intermediară (fig. 7.4, *a*).

Considerînd că viteza de avans $v_{sT}= 1{,}4$ mm/min se obține în cazul $A_3=B_3=37$, $n_{02}=720$ și cuplările $CE5$—$CE4$—$CE6$, formula folosită pentru reglarea lanțului de filetare este (7.10) cu semnul plus (după fig. 7.4, *a*), în care se introduce $m_a = \frac{m_n}{\cos\gamma} = 4$. Astfel,

$$\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4} = 3\frac{1}{4} = \frac{3}{2}\frac{1}{2} = \frac{45}{30}\frac{40}{80}.$$

Roțile de schimb pentru reglarea lanțului cinematic al mișcării

β	Modulul normal							
	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75
5°	$\frac{36\ 54}{60\ 62}$	$\frac{36\ 54}{75\ 62}$	$\frac{30\ 54}{75\ 62}$	$\frac{24\ 54}{70\ 62}$	$\frac{21\ 34}{70\ 62}$	$\frac{27\ 40}{62\ 75}$	$\frac{27\ 36}{62\ 75}$	$\frac{24\ 27}{55\ 62}$
6°	$\frac{33\ 38}{50\ 40}$	$\frac{23\ 72}{55\ 60}$	$\frac{33\ 38}{60\ 50}$	$\frac{33\ 38}{70\ 50}$	$\frac{33\ 38}{80\ 50}$	$\frac{22\ 38}{60\ 50}$	$\frac{23\ 36}{55\ 60}$	$\frac{38\ 21}{50\ 70}$
7°	$\frac{29\ 54}{34\ 63}$	$\frac{29\ 48}{34\ 70}$	$\frac{29\ 40}{34\ 70}$	$\frac{50\ 28}{54\ 62}$	$\frac{29\ 30}{34\ 70}$	$\frac{32\ 34}{54\ 62}$	$\frac{29\ 48}{70\ 68}$	$\frac{29\ 24}{34\ 77}$
8°	$\frac{29\ 48}{32\ 52}$	$\frac{29\ 60}{55\ 40}$	$\frac{29\ 45}{39\ 60}$	$\frac{29\ 60}{70\ 52}$	$\frac{29\ 45}{48\ 65}$	$\frac{29\ 45}{55\ 54}$	$\frac{29\ 45}{65\ 60}$	$\frac{29\ 42}{52\ 77}$
9°	$\frac{60}{40}$	$\frac{48}{64}$	$\frac{40}{64}$	$\frac{50\ 48}{70\ 64}$	$\frac{30}{64}$	$\frac{50\ 35}{60\ 70}$	$\frac{30\ 35}{40\ 70}$	$\frac{35\ 30}{40\ 77}$
10°	$\frac{36\ 60}{46\ 45}$	$\frac{36\ 64}{46\ 60}$	$\frac{24\ 36}{46\ 54}$	$\frac{36\ 48}{46\ 63}$	$\frac{36\ 40}{46\ 60}$	$\frac{32\ 40}{46\ 60}$	$\frac{24\ 40}{46\ 50}$	$\frac{24\ 40}{46\ 55}$
11°	$\frac{34\ 70}{52\ 40}$	$\frac{34\ 70}{52\ 50}$	$\frac{34\ 63}{52\ 54}$	$\frac{34\ 50}{52\ 58}$	$\frac{34\ 42}{52\ 48}$	$\frac{34\ 42}{52\ 54}$	$\frac{34\ 42}{52\ 60}$	$\frac{34\ 35}{52\ 55}$
12°	$\frac{50\ 48}{30\ 64}$	$\frac{36\ 50}{40\ 45}$	$\frac{36\ 50}{40\ 54}$	$\frac{50\ 36}{40\ 63}$	$\frac{50\ 36}{60\ 48}$	$\frac{50\ 36}{60\ 54}$	$\frac{24\ 60}{72\ 40}$	$\frac{30\ 50}{60\ 55}$
13°	$\frac{45\ 60}{40\ 50}$	$\frac{45\ 36}{50\ 30}$	$\frac{30\ 60}{40\ 50}$	$\frac{45\ 60}{70\ 50}$	$\frac{45\ 60}{80\ 50}$	$\frac{35\ 60}{70\ 50}$	$\frac{33\ 45}{55\ 50}$	$\frac{30\ 45}{50\ 55}$
14°	$\frac{60\ 69}{62\ 46}$	$\frac{60\ 54}{62\ 45}$	$\frac{45\ 72}{62\ 54}$	$\frac{60\ 54}{62\ 63}$	$\frac{45}{62}$	$\frac{45\ 48}{62\ 54}$	$\frac{45\ 48}{62\ 60}$	$\frac{30\ 60}{62\ 55}$
15°	$\frac{55\ 48}{50\ 34}$	$\frac{62}{50}$	$\frac{55\ 64}{68\ 50}$	$\frac{33\ 64}{68\ 35}$	$\frac{55\ 48}{50\ 68}$	$\frac{33\ 64}{68\ 45}$	$\frac{48\ 33}{34\ 75}$	$\frac{24\ 28}{34\ 35}$
16°	$\frac{43\ 63}{39\ 42}$	$\frac{43\ 72}{80\ 39}$	$\frac{43\ 60}{52\ 45}$	$\frac{43\ 48}{52\ 42}$	$\frac{43\ 45}{39\ 60}$	$\frac{43\ 48}{52\ 54}$	$\frac{43\ 48}{52\ 60}$	$\frac{43\ 40}{52\ 55}$

suplimentare la mașinile de danturat prin frezare FD320A

m_n, în mm									β
3	3,25	3,5	3,75	4	4,5	5	5,5	6	
27 24 62 60	27 24 62 65	27 24 62 70	27 24 62 75	27 24 62 80	27 20 62 75	21 24 69 70	30 21 75 69	21 22 69 72	5°
23 34 55 68	23 30 55 65	23 30 55 70	23 30 55 75	23 24 55 64	23 24 52 72	23 21 55 70	23 21 55 77	23 20 55 80	6°
29 20 34 70	34 32 62 78	28 40 77 70	29 32 68 70	34 24 62 72	29 24 63 68	29 24 70 68	29 24 68 77	29 20 68 70	7°
29 30 52 60	29 30 52 65	29 30 52 70	29 28 52 70	29 77 52 72	29 24 52 72	29 21 52 70	29 21 52 77	29 20 52 80	8°
50 30 60 80	24 40 52 64	40 27 64 63	35 30 70 60	30 24 48 64	30 24 48 72	24 30 64 60	35 24 77 64	30 20 48 80	9°
24 40 46 60	24 40 46 65	24 36 46 63	32 24 46 60	36 24 46 72	32 24 46 72	24 28 46 70	36 28 69 77	24 36 69 72	10°
34 35 52 60	34 35 52 65	34 20 26 80	34 42 52 54	34 35 52 80	34 28 52 72	34 28 52 80	40 22 55 77	34 21 52 72	11°
50 36 60 72	45 40 65 72	45 20 36 70	36 30 54 60	45 30 60 72	50 24 60 72	30 34 60 68	20 45 72 55	20 45 72 60	12°
45 30 50 60	45 30 50 65	45 30 50 70	45 30 50 75	45 27 50 72	45 24 50 72	54 21 50 70	24 36 55 64	26 36 65 64	13°
45 40 62 60	30 48 62 52	30 54 62 63	30 48 62 60	30 45 62 60	30 40 62 60	45 30 62 75	30 42 62 77	30 36 62 72	14°
33 40 75 34	22 48 68 65	22 48 68 35	22 64 68 50	33 48 60 68	55 32 60 75	33 48 75 68	24 48 68 60	33 24 45 68	15°
43 40 52 50	43 40 52 65	43 36 52 63	43 32 52 60	43 34 52 68	43 32 52 72	43 28 52 70	43 28 52 77	43 30 72 65	16°

β	Modulul normal							
	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75
18°	68 50 40 36	68 48 40 55	68 55	68 54 55 63	68 45 55 60	68 40 55 60	68 39 55 65	68 42 55 77
20°	68 50 46 36	68 60 46 54	68 50 46 54	68 50 46 63	68 50 46 72	64 40 39 72	24 40 45 26	64 35 39 77
22°	63 28	63 35	60 40	30 72 70 24	54 48	20 40 75 24	60 45 40 75	45 55
25°	50 70 46 30	70 60 46 45	50 70 46 45	50 60 46 45	50 63 46 54	70 40 46 54	70 40 46 60	60 35 33 69
26°34′	45 70 42 28	60 28	45 70 63 28	60 45 28 63	45 60 42 48	45 70 63 42	45 60 63 40	30 45 63 22
28°	62 22	62 48 22 60	62 40 22 60	62 35 22 63	62 35 22 70	62 28 22 63	62 30 22 75	62 28 22 77
30°	72 24	54 70 45 35	60 30	60 35	60 40	60 45	54 45	60 55
35°	64 80 62 24	52 72 68 20	60 52 20 68	57 72 68 28	52 63 68 28	52 60 68 30	52 63 68 35	52 54 68 33
40°	54 27 42 24	63 72 35 42	54 68 42 34	54 60 42 35	54 60 42 40	36 72 63 24	45 30 35 25	54 70 42 55
45°	70 80 55 24	48 70 33 30	70 60 55 27	50 72 55 27	70 35 55 21	48 74 33 50	70 60 55 45	40 70 33 55
60°	52 68 20 34	52 64 20 40	52 60 20 45	52 48 20 42	52 20	65 64 45 40	52 48 20 60	52 40 20 55
63°26′	63 72 35 24	63 72 35 30	63 68 35 34	36 48 20 28	63 60 35 40	63 60 35 45	63 54 35 45	63 60 35 55

Setul de roți

20; 21; 22; 23; 24; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 33; 34; 35; 36; 39; 40; 42; 43; 77; 80. $m = 1{,}75$ mm.

m_m, în mm									
3	3,25	3,5	3,75	4	4,5	5	5,5	6	β
68 35 / 55 70	68 30 / 55 65	68 30 / 55 70	68 30 / 55 75	68 27 / 55 72	68 24 / 55 72	68 21 / 50 77	68 21 / 55 77	34 35 / 55 70	18°
40 62 / 72 54	80 20 / 39 65	40 36 / 39 63	48 40 / 54 65	40 50 / 60 65	20 40 / 65 27	40 42 / 65 63	40 28 / 39 77	40 37 / 65 63	20°
48 / 64	45 / 65	60 30 / 40 70	39 / 65	21 30 / 40 28	35 / 70	45 39 / 60 65	60 21 / 40 77	45 35 / 60 70	22°
50 42 / 46 54	60 35 / 39 69	50 40 / 46 60	70 28 / 46 63	50 35 / 46 60	50 42 / 54 69	70 24 / 46 72	48 36 / 50 75	33 48 / 75 50	25°
45 60 / 63 48	60 45 / 52 63	30 45 / 63 28	45 / 63	60 45 / 64 63	45 30 / 63 36	45 21 / 28 63	45 35 / 42 77	40 45 / 64 63	26°34′
62 24 / 22 72	62 28 / 26 77	62 / 77	62 28 / 30 77	62 20 / 22 80	72 30 / 46 75	36 27 / 23 75	72 27 / 55 69	54 30 / 46 75	28°
55 / 55	48 / 52	54 / 63	48 / 60	34 60 / 68 40	40 / 60	39 / 65	30 / 55	34 / 68	30°
52 60 / 68 40	52 54 / 68 39	52 54 / 68 42	52 54 / 68 45	52 54 / 68 48	52 / 68	52 45 / 68 50	52 45 / 68 55	52 45 / 68 60	35°
54 / 42	54 48 / 42 52	54 27 / 21 63	54 48 / 42 60	54 45 / 42 60	54 40 / 42 60	54 / 70	54 / 77	54 34 / 42 68	40°
70 60 / 55 54	70 40 / 55 39	50 60 / 55 45	70 40 / 55 45	70 50 / 55 60	70 40 / 55 54	70 40 / 55 60	70 28 / 33 77	70 40 / 55 72	45°
52 40 / 20 60	52 40 / 20 65	52 36 / 20 63	52 64 / 60 40	52 / 40	52 / 45	52 54 / 60 45	52 / 55	52 / 50	60°
63 / 35	63 48 / 35 52	54 / 35	63 48 / 35 60	63 45 / 35 60	63 40 / 35 60	63 39 / 35 65	63 42 / 35 77	63 32 / 35 64	63°26′

de schimb

45 ; 46 ; 48 ; 50 ; 52 ; 54 ; 55 ; 60 ; 62 ; 63 ; 64 ; 65 ; 68 ; 69 ; 70 ; 72 ; 75 ;

Tabelul 7.4

Formule pentru reglarea diferitelor mașini de danturat prin frezare

Marca fabricii	Tipul mașinii	Formule de calcul		
		Lanțul cinematic de rulare	Lanțul cinematic al mișcării suplimentare	
			Prelucrarea dinților înclinați	Prelucrarea roților melcate cu avans tangențial
U. M. Cugir	FD 320	$24\,\frac{k}{z_p}$ Pentru $z_p \leqslant 200$	$6\,\frac{\sin\beta}{m_n k}$	$6\,\frac{\cos\gamma}{m_n k}$
		$48\,\frac{k}{z_p}$ Pentru $z_p > 200$		$3\,\frac{\cos\gamma}{m_n k}$
				$1{,}2\,\frac{\cos\gamma}{m_n k}$
	FD 320A	$24\,\frac{k}{z_p}$ Pentru $z_p \leqslant 200$	$6\,\frac{\sin\beta}{m_n k}$	$6\,\frac{\cos\gamma}{m_n k}$
		$48\,\frac{k}{z_p}$ Pentru $z_p > 200$		$3\,\frac{\cos\gamma}{m_n k}$
				$1{,}5\,\frac{\cos\gamma}{m_n k}$
	FD 500	$12\,\frac{k}{z_p}$ Pentru $z_p = 8 \ldots 16$	$6\,\frac{\sin\beta}{m_n k}$	$6\,\frac{\cos\gamma}{m_n k}$
		$24\,\frac{k}{z_p}$ Pentru $z_p = 17 \ldots 40$		$3\,\frac{\cos\gamma}{m_n k}$
		$48\,\frac{k}{z_p}$ Pentru $z_p = 41 \ldots 80$		$1{,}5\,\frac{\cos\gamma}{m_n k}$
		$72\,\frac{k}{z_p}$ Pentru $z_p \geqslant 81$		$\frac{\cos\gamma}{m_n k}$
Komsomoleț	5D 32	$24\,\frac{k}{z_p}$ Pentru $z_p \leqslant 161$	$7{,}957728\,\frac{\sin\beta}{m_n k}$	$2{,}387\,318\,\frac{\cos\gamma}{m_n k}$
		$48\,\frac{k}{z_p}$ Pentru $z_p > 161$		

Tabelul 7.4 (continuare)

Marca fabricii	Tipul maşinii	Formule de calcul		
		Lanţul cinematic de rulare	Lanţul cinematic al mişcării suplimentare	
			Prelucrarea dinţilor înclinaţi	Prelucrarea roţilor melcaţe cu avans tangenţial
Komsomoleţ	5B 32	$24\frac{k}{z_p}$ Pentru $z_p \leqslant 200$	$5{,}96831\frac{\sin\beta}{m_n k}$	$9{,}7454\frac{\cos\gamma}{m_n k}$
		$48\frac{k}{z_p}$ Pentru $z_p > 200$		
Pfauter	R 1	$24\frac{k}{z_p}$ Pentru $z_p \leqslant 200$	$5{,}96831\frac{\sin\beta}{m_n k}$	$10{,}16035\frac{\cos\gamma}{m_n k}$
		$48\frac{k}{z_p}$ Pentru $z_p > 200$		
Modul	ZWF 15	$12\frac{k}{z_p}$	$6{,}73756\frac{\sin\beta}{m_n k}$	$3{,}36878\frac{\cos\gamma}{m_n k}$
Volman	FO—6	$12\frac{k}{z_p}$	$5{,}968315\frac{\sin\beta}{m_n k}$	$2{,}786624\frac{\cos\gamma}{m_n k}$
Reinecker	RF 1 RF 2 RF 3 RF 4 URF 1 URF 2 URF 3 URF 4	$12\frac{k}{z_p}$	$6{,}73756\frac{\sin\beta}{m_n k}$	$3{,}36878\frac{\cos\gamma}{m_n k}$
	RFO URFO	$12\frac{k}{z_p}$	$2{,}15615\frac{\sin\beta}{m_n k}$	$0{,}94326\frac{\cos\gamma}{m_n k}$
	RF 2^n	$18\frac{k}{z_p}$	$4{,}491882\frac{\sin\beta}{m_n k}$	$3{,}234156\frac{\cos\gamma}{m_n k}$
Niles	RF 75 RF 105	$12\frac{k}{z_p}$	$7{,}639443\frac{\sin\beta}{m_n k}$	$7{,}64312\frac{\cos\gamma}{n_n k}$

Verificînd cu relaţiile (1.14), angrenarea este posibilă.

În tabelul 7.4 sînt prezentate formulele pentru reglarea diferitelor maşini de danturat cu freza melc.

7.1.2. Danturarea roţilor cilindrice prin mortezare cu cuţit roată

În fig. 7.9 se prezintă schema cinematică a maşinii de danturat cu cuţit roată 514, de construcţie sovietică, destinată danturării roţilor dinţate cilindrice cu dinţi drepţi şi înclinaţi cu dantură exterioară şi interioară.

7.1.2.1. Notaţii folosite

n_p este turaţia piesei, rot/min;
n_s — turaţia sculei (cuţit roată), rot/min;
z_p — numărul de dinţi ai piesei;
z_s — numărul de dinţi ai sculei (cuţit roată);
n_{cd} — numărul de curse duble ale sculei, cd/min;
v_a — viteza de aşchiere;
A_1, B_1, C_1, D_1 — roţi de schimb pentru lanţul de rulare-divizare;
A_2, B_2 — roţi de schimb pentru avansul circular;
A_3, B_3 — roţi de schimb pentru avansul radial;
s_c — avansul circular, mm/cd;
m — modulul, mm;
s_r — avansul radial, mm/cd;
H — înălţimea de ridicare a camei de avans radial, mm;
l — mărimea cursei la mortezare, mm;
L — lungimea dintelui roţii, mm;
l_1 — partea din cursă necesară intrării şi ieşirii din aşchiere, mm.

7.1.2.2. Formule de calcul

$$l = L + l_1 \text{ [mm]}; \tag{7.14}$$

$$n_{cd} = 500\frac{v_a}{l} \text{ [cd/min]}; \tag{7.15}$$

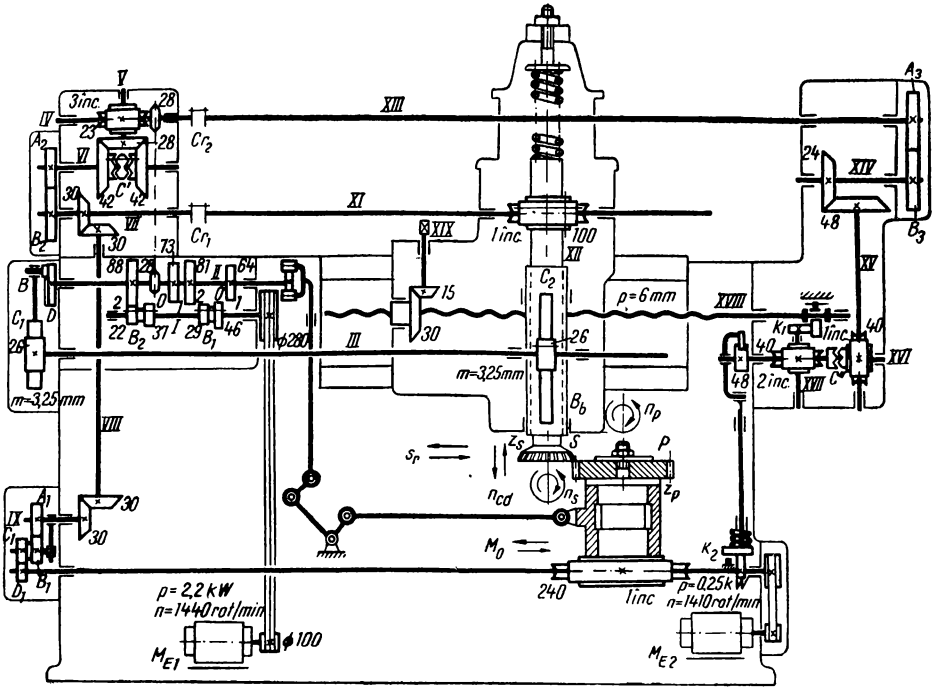


Fig. 7.9. Schema cinematică a mașinii de danturat prin mortezare 514

$$\frac{n_p}{n_s} = \frac{z_s}{z_p}; \tag{7.16}$$

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = 2{,}4\frac{z_s}{z_p}; \tag{7.17}$$

$$\frac{A_2}{B_2} = 366\frac{s_c}{mz_s}; \tag{7.18}$$

$$\frac{A_3}{B_3} = 1\,600\frac{s_r}{H}. \tag{7.19}$$

7.1.2.3. Probleme rezolvate

1. Să se calculeze numerele de curse duble pe minut ale sculei pentru cele patru posibilități de cuplare ale baladorilor B_1 și B_2 din cutia de viteze.

Rezolvare. Se scriu ecuațiile lanțului cinematic principal, de la motorul electric a cărui turație este 1 440 rot/min, pînă la discul D. Pentru o rotație a discului D se obține o cursă dublă.

$$n_{cd1} = 1\,440\frac{100}{280}0{,}985\frac{22}{88} = 126{,}6 \text{ [cd/min]};$$

$$n_{cd2} = 1\,440\frac{100}{280}0{,}985\frac{29}{81} = 181{,}3 \text{ [cd/min]};$$

$$n_{cd3} = 1\,440\frac{100}{280}0{,}985\frac{37}{73} = 256{,}3 \text{ [cd/min]};$$

$$n_{cd4} = 1\,440\frac{100}{280}0{,}985\frac{46}{64} = 363{,}7 \text{ [cd/min]}.$$

În tabelul 7.5 sînt date roțile angrenate în cutia de viteze, pozițiile baladorilor și valorile curselor duble pe minut.

Tabelul 7.5

Numărul de curse duble pe minut la mașina de mortezat 514

Roțile angrenate în cutia de viteze	Pozițiile baladorilor		Numărul de curse duble, n_{cd}/min
	B_1	B_2	
$\frac{22}{88}$	0	2	126,6
$\frac{29}{81}$	2	0	181,3
$\frac{37}{73}$	0	1	256,3
$\frac{46}{64}$	1	2	363,7

2. Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic de rulare-divizare.

Rezolvare. Lanțul cinematic de rulare sincronizează mișcarea de rotație a piesei cu cea a sculei, simulînd angrenarea între acestea. Lanțul de rulare (sculă-arborii *XII*, *XI*, *VIII*, *X*-piesă) are ecuația

$$n_p = n_s \frac{100}{1}\frac{30}{30}\frac{30}{30}\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1}\frac{1}{240},$$

de unde, simplificînd și ținînd seamă de (7.16) se obține formula de reglare

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = 2{,}4\frac{z_s}{z_p}.$$

3. Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic de avans circular.

Rezolvare. Mișcarea de rotație la sculă este transmisă de la arborele *II* prin roțile de lanț *28-28*, melc-roată melcată *3—23*, inversor *28—42*, roțile de schimb A_2—B_2, melc-roată melcată *1—100*.

Ecuația lanțului cinematic este

$$s_c = 1 \text{ rot. arb.} II \frac{28}{28}\frac{3}{23}\frac{28}{42}\frac{A_2}{B_2}\frac{1}{100}\pi m z_s \text{ [mm/cd]},$$

în care $\pi m z_s$ este desfășurata cercului de rulare a cuțitului roată, de unde se obține formula de reglare

$$\frac{A_2}{B_2} = 366\frac{s_c}{m z_s}.$$

4. Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic de avans radial.

Rezolvare. Avansul radial este transmis sculei de la arborele *II* prin roțile de lanț *28—28*, roțile de schimb A_3—B_3, roțile conice *24—48*, melc-roată melcată *1—40*, melc-roată melcată *2—40*, cama K_1. Ecuația lanțului are forma

$$s_r = 1 \text{rot. arb.} II \frac{28}{28}\frac{A_3}{B_3}\frac{24}{48}\frac{1}{40}\frac{2}{40} H \text{ [mm/cd]},$$

de unde formula de reglare a lanțului este

$$\frac{A_3}{B_3} = 1{,}600\frac{s_r}{H}.$$

5. Să se calculeze numărul de curse duble pe minut, fiind date: $v_a = 17$ m/min și $L = 40$ mm.

Rezolvare. Se calculează lungimea cursei cu (7.14), în care $l_1 = 3 \ldots 5$ mm.

$$l = 40 + 5 = 45 \text{ mm}.$$

Numărul de curse duble pe minut cu (7.15)

$$n_{cd} = 500\frac{17}{45} = 188 \text{ [cd/min]}.$$

Consultînd tabelul 7.5 se constată că cea mai apropiată valoare este 181,3 cd/min. Pentru a se obține această valoare se cuplează în cutia de viteze roțile *29—81*; B_1 poziția *2*, B_2 poziția 0 (necuplat). Pentru o determinare mai rapidă se folosește graficul din fig. 7.10. Numărul de curse duble se

găsește la intersecția liniilor corespunzătoare vitezei de așchiere și lungimii cursei (în cazul problemei date rezolvarea este indicată prin săgeți). Recalculînd viteza de așchiere cu (7.15) se obține valoarea reală a acesteia, care este

$$v_a = \frac{181{,}3}{500}\,45 = 16{,}3 \text{ [m/min]}.$$

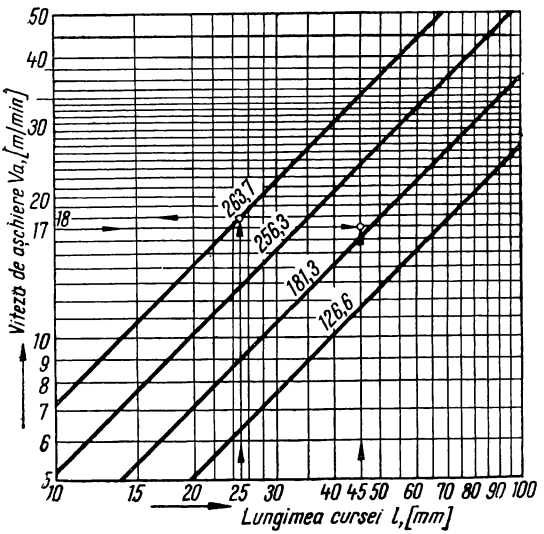


Fig. 7.10. Graficul numărului de curse duble pe minut la mașina 514

6. Să se calculeze roțile de schimb pentru reglarea lanțului cinematic de rulare la prelucrarea unei roți dințate, fiind cunoscute: $z_p = 45$ și $z_s = 25$.

Rezolvare. Se aplică (7.17)

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = 2{,}4\,\frac{25}{45} = \frac{24}{10}\frac{25}{45} = \frac{96}{40}\frac{25}{45}.$$

Verificarea angrenării cu (1.14) conduce la concluzia că roțile au fost bine alese.

În tabelul 7.6 sînt date roțile de schimb pentru prelucrarea roților cu $z_p=12 \ldots 190$, precum și setul de roți de schimb.

Roata C_1 se ia egală cu z_s sau $2z_s$. Pentru fiecare roată de prelucrat sînt indicate două serii de roți de schimb, prima folosindu-se pentru $C_1=z_s$, iar a doua pentru $C_1=2z_s$.

7. Să se calculeze roțile de schimb pentru reglarea lanțului cinematic de avans circular la prelucrarea unei roți dințate, fiind cunoscute: $m=4$ mm; $z_s=25$; $s_c=0{,}24$ mm/cd.

Rezolvare. Se aplică (7.18)

$$\frac{A_2}{B_2}=366\frac{0{,}24}{4{,}25}=0{,}878,$$

de unde $A_2=0{,}878\,B_2$. Știind că $A_2+B_2=89$, se poate scrie $0{,}878\,B_2+B_2=89$, sau $1{,}878\,B_2=89$, rezultînd $B_2=47$.

Roata $A_2=89-47=42$.

Setul cu roți de schimb pentru reglarea avansului circular este: 34; 36; 37; 39; 42; 47; 50; 52; 53 și 55.

8. Să se calculeze roțile de schimb pentru reglarea lanțului cinematic de avans radial la prelucrarea unei roți dințate, fiind cunoscute: $s_r=0{,}024$ mm/cd. și $H=76{,}8$ mm.

Rezolvare. Se aplică (7.19)

$$\frac{A_3}{B_3}=1\,600\frac{0{,}024}{76{,}8}=0{,}5,$$

de unde $A_3=0{,}5\,B_3$. Deoarece $A_3+B_3=75$ se obțin roțile $A_3=25$ și $B_3=50$. Setul de roți de schimb pentru avansul radial este: 20; 25; 30; 32; 37; 38; 43; 45; 50 și 55.

9. Să se facă calculul de reglare a mașinii pentru prelucrarea unei roți dințate, fiind cunoscute $z_p=49$, $m=2$ mm, $l_1=5$ mm, $v_a=19$ m/min, $s_c=0{,}21$ mm/c.d. $s_r=0{,}048$ mm/cd, $L=20$ mm, $H=76{,}8$ mm și $z_s=50$.

Rezolvare. Cu (7.14) se calculează $l=20+5=25$ mm. Cu (7.15) se calculează $n_{cd}=500\frac{19}{25}=380$ cd/min.

Roţile de schimb pentru reglarea lanţului cinematic de rulare la maşinile de danturat prin mortezare 514*

Numărul de dinţi z_p	Roţile de schimb			Numărul de dinţi z_p	Roţile de schimb			Numărul de dinţi z_p	Roţile de schimb		
	A_1	B_1	D_1		A_1	B_1	D_1		A_1	B_1	D_1
12	120 120	20 20	30 60	24	120 120	30 30	40 80	36	96 96	30 60	48 48
13	120 120	25 50	26 26	25	120 120	25 25	50 100	37	96 96	37 37	40 80
14	120 60	100 100	70 70	26	120 60	50 50	26 26	38	96 96	38 38	40 80
15	120 120	25 25	30 60	27	120 120	30 30	45 90	39	96 96	24 84	65 65
16	120 120	20 20	40 80	28	120 120	20 40	70 70	40	120 120	50 50	40 80
17	120 120	25 20	34 85	29	120 120	25 50	58 58	41	96 96	41 41	40 80
18	120 120	20 20	45 90	30	120 120	30 60	50 50	42	96 96	24 48	79 70
19	120 120	38 38	25 50	31	120 120	25 50	62 52	43	96 96	43 43	40 80
20	120 120	20 40	50 50	32	120 120	20 40	80 80	44	120 120	55 55	40 80
21	120 120	30 70	35 35	33	120 120	33 55	50 60	45	96 96	45 45	40 80
22	120 120	20 40	55 55	34	96 96	34 34	40 80	46	120 120	25 50	92 92
23	120 60	50 50	23 23	35	96 96	20 40	70 70	47	96 96	47 47	40 80

Tabelul 7.6 (continuare)

Numărul de dinți z_p	Roțile de schimb		
	A_1	B_1	D_1
48	96 96	48 48	40 80
49	120 120	25 50	98 98
50	120 120	25 50	100 100
51	120 120	30 60	85 85
52	120 120	65 65	40 80
54	96 96	24 48	90 90
55	96 96	55 55	40 80
56	90 90	70 70	30 60
57	120 120	30 60	95 95
58	96 96	58 58	40 80
60	96 96	30 60	80 80
62	96 96	62 62	40 80
63	80 80	70 70	30 60
64	90 90	60 60	40 80
65	96 96	65 65	40 80
66	120 60	97 97	34 34
68	90 90	85 85	30 60
69	96 96	30 60	92 92
70	96 96	35 70	80 80
72	120 60	45 45	80 80
74	96 96	74 74	40 80
75	96 96	50 100	60 60
76	120 60	100 100	38 38
78	80 80	65 65	40 80
80	120 60	80 80	50 50
81	120 60	90 90	45 45
82	120 60	100 100	41 41
84	80 80	70 70	40 80
85	120 60	85 85	50 50
86	120 60	100 100	43 43
87	80 80	50 100	58 58
	120 60	80 80	55 55
90	96 96	40 80	90 90
92	96 96	40 80	92 92
93	80 40	62 62	50 50
94	96 48	80 80	47 47
95	96 96	40 80	95 95
96	120 60	100 100	48 48
98	96 96	40 80	98 98

Tabelul 7.6 (continuare)

Numărul de dinți z_p	Roțile de schimb			Numărul de dinți z_p	Roțile de schimb			Numărul de dinți z_p	Roțile de schimb		
	A_1	B_1	D_1		A_1	B_1	D_1		A_1	B_1	D_1
99	120 60	90 90	55 55	115	96 48	92 92	50 50	130	96 48	80 80	65 65
100	120 60	100 100	50 50	116	96 48	80 80	58 58	132	80 40	80 80	55 55
102	80 80	85 85	40 80	117	80 40	65 65	60 60	135	60 40	100 100	43 43
104	120 60	80 80	65 65	120	96 48	80 80	50 60	136	120 60	85 85	80 80
105	80 80	50 100	70 70	123	96 48	120 120	41 41	138	96 48	92 92	60 60
108	96 48	48 96	90 45	124	96 48	80 80	62 62	140	96 48	80 80	70 70
110	96 48	80 80	55 55	125	96 48	100 100	50 50	141	48 48	60 120	47 47
111	96 48	74 74	60 60	126	120 60	90 90	70 70	144	120 60	90 90	80 80
112	120 60	80 80	70 70	128	90 45	80 80	60 60	145	96 48	100 100	58 58
114	80 80	95 95	40 80	129	96 48	120 120	43 43	147	96 48	98 98	60 60

Tabelul 7.6 (continuare)

Numărul de dinți z_p	Roțile de schimb			Numărul de dinți z_p	Roțile de schimb			Numărul de dinți z_p	Roțile de schimb		
	A_1	B_1	D_1		A_1	B_1	D_1		A_1	B_1	D_1
148	96 48	80 80	74 74	162	60 30	90 90	45 45	174	80 40	100 100	58 58
150	96 48	100 100	60 60	164	60 30	100 100	41 41	175	96 48	100 100	70 70
152	120 60	95 95	80 80	165	96 48	120 120	55 55	176	90 45	120 120	55 55
155	96 48	100 100	62 62	168	80 40	80 80	70 70	180	96 48	90 90	80 80
156	96 48	80 80	65 65	170	96 48	85 85	80 80	188	48 48	80 80	47 94
160	120 60	100 100	80 80	172	60 30	100 100	43 43	190	120 60	100 100	95 95

Setul de roți de schimb

20; 23; 24; 25; 26; 30; 33; 33; 35; 37; 38; 40; 41; 43; 45; 47; 48; 50; 55; 58; 60; 62; 65; 70; 74; 80; 80; 85; 90; 95; 96; 97; 98; 100; 120.

* Roata $C_1=z_s$, în care caz se folosesc roțile dințate din rîndul 1; Roata $C_1=2\,z_s$ — roților sînt cele din rîndul doi.

Se știe că numărul maxim de curse duble pe minut este 363,7. Considerînd această valoare se determină viteza de așchiere după graficul de fig. 7.10, care este $v_a=18$ m/min (pe grafic sînt indicate săgețile care duc la determinarea vitezei de așchiere, pornind de la $l=25$ mm).

Cu (7.17) se calculează roţile de schimb pentru lanţul de rulare

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = 2{,}4\,\frac{50}{49} = \frac{24}{10}\frac{50}{49} = \frac{24}{5}\frac{50}{98} = \frac{120}{25}\frac{50}{98}.$$

Calculul roţilor de schimb pentru lanţul de avans circular se face cu (7.18):

$$\frac{A_2}{B_2} = 366\,\frac{0{,}21}{2 \cdot 50} = 0{,}768;$$

$A_2 = 0{,}768\,B_2$; $A_2 + B_2 = 89$; $1{,}768\,B_2 = 89$; $B_2 = 50$ şi $A_2 = 39$.

Calculul roţilor de schimb pentru lanţul de avans radial se face cu (7.19):

$$\frac{A_3}{B_3} = 1\,600\,\frac{0{,}048}{76{,}8} = 1.$$

Tabelul 7.7

Formule pentru reglarea diferitelor maşini de danturat cu cuţit-roată

Marca fabricii	Tipul	Formula de reglare a lanţului cinematic de rulare	Marca fabricii	Tipul	Formula de reglare a lanţului cinematic de rulare
Saratov	512	$\frac{z_s}{z_p}$	Lorentz	S' 7/500 S^5	$\frac{5}{3}\frac{z_s}{z_p}$
Komsomoleţ	5A12	$\frac{z_s}{z_p}$	Reinecker	SSM0 SSM1 SSM2	$\frac{z_s}{z_p}$
	514	$2{,}4\,\frac{z_s}{z_p}$		SSM3	$2\,\frac{z_s}{z_p}$
	516	$\frac{10}{3}\frac{z_s}{z_p}$	Fellow	6	$\frac{5}{3}\frac{z_s}{z_p}$
	5A150	$\frac{1}{2}\frac{z_s}{z_p}$		6 A	$\frac{10}{3}\frac{z_s}{z_p}$
Lorentz	S°° S° SJV°°	$\frac{z_s}{z_p}$		30	$\frac{1}{2}\frac{z_s}{z_p}$

Roţile de schimb folosite sînt: A_3=37 şi B_3=38, în care caz avansul radial real este 0,046 mm/cd.

Tabelul 7.7 conţine formule de reglare a lanţului cinematic de rulare pentru diferite maşini de danturat cu cuţit roată.

7.1.3. Danturarea roţilor cilindrice prin mortezare cu cuţit pieptene

Tipul reprezentativ al maşinilor de danturat cu cuţit pieptene este maşina Maag. În figura 7.11 este prezentată schema cinematică pentru tipul S1 destinată prelucrării roţilor cilindrice cu dinţi drepţi şi înclinaţi. În cele ce urmează vor fi puse şi rezolvate cîteva probleme referitoare la reglarea acestei maşini.

7.1.3.1. Notaţii folosite

n_{cd} este numărul de curse duble pe minut, cd/min;
v_a — viteza de aşchiere, m/min;
l — lungimea cursei sculei, mm;
n_p — turaţia piesei, rot/min;
m — modulul roţii prelucrate, mm;
m_a — modulul aparent, mm;
m_n — modulul normal, mm;
β — unghiul de înclinare a elicei dinţilor, grade;
z_p — numărul de dinţi ai piesei;
p_{sc} — pasul şurubului conducător S_c (fig. 7.11), mm;
n_{sc} — turaţia şurubului conducător S_c (fig. 7.11), rot/min;
n'_{sc} — numărul de rotaţii ale şurubului conducător S_c pentru o cursă dublă;
q — numărul de dinţi prelucraţi la o divizare;
i_m — raportul de transmitere al cutiei de multiplicare;
A_1, B_1, C_1, D_1 — roţi de schimb pentru lanţul de divizare;
A_2, B_2, C_2, D_2 — roţi de schimb pentru lanţul de rulare;
s_T — avansul tangenţial, mm/cd;
z_s — numărul de dinţi depăşiţi de clichet la o oscilaţie a sa;

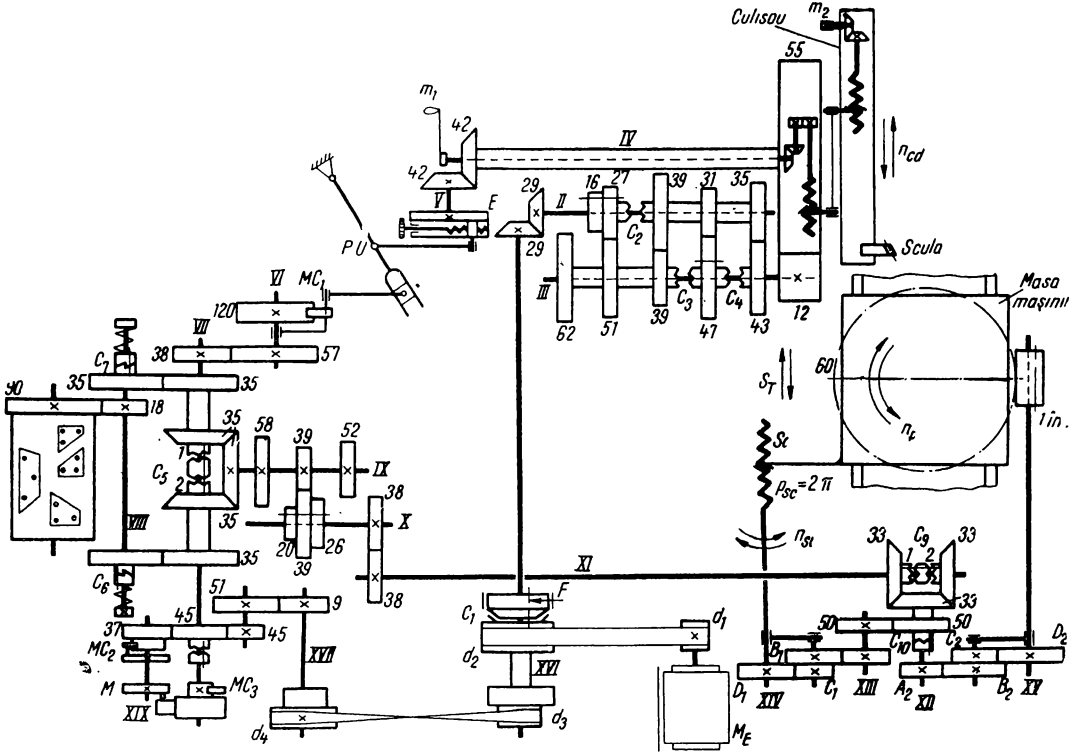


Fig. 7.11. Schema cinematică a mașinii de danturat Maag-S1

z_c — numărul de dinți ai roții de clichet MC1 (fig. 7.11);

S — sculă, cuțit pieptene (fig. 7.12);

P — piesă, roata de prelucrat (fig. 7.12);

α_q — unghiul corespunzător numărului q de dinți prelucrați (fig. 7.12);

v_{sT} — viteza de avans tangențial (fig. 7. 12) mm/min;

v_R — viteza de deplasare rapidă (fig. 7.12) mm/min;

ω_l — viteza unghiulară de rotire a piesei în timpul așchierii (fig. 7.12);

ω_R — viteza unghiulară rapidă (fig. 7.12);

α_c — unghiul de rotire a roții de clichet pentru o oscilație a clichetului, grade;

p_d — pasul danturii, mm.

7.1.3.2. Formule de calcul

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = \frac{1}{4}\frac{q}{i_m}m; \tag{7.20}$$

$$m_a = \frac{m_n}{\cos\beta}\ [\text{mm}]; \tag{7.21}$$

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = \frac{1}{4}\frac{qm_n}{i_m\cos\beta}; \tag{7.22}$$

$$\pi m z_p n_p = n_{sc}\, p_{sc}; \tag{7.23}$$

$$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2} = 30\frac{q}{i_m z_p}; \tag{7.24}$$

$$\alpha_c = 360^\circ\frac{z_s}{z_c}\ [\text{grade}]; \tag{7.25}$$

$$s_T = n'_{sc}\, p_{sc}\ [\text{mm/cd}]; \tag{7.26}$$

$$z_s = 51 \frac{s_T}{qm} \tag{7.27}$$

$$z_s = 51 \frac{s_T \cos \beta}{qm_n} \tag{7.28}$$

$$\left.\begin{aligned} &A_{1max} = 70; \\ &A_1 + B_1 \geqslant C_1 + 28; \\ &C_1 + D_1 \geqslant B_1 + 28; \\ &C_1 + D_1 \geqslant 80; \\ &A_1 + B_1 + C_1 + D_1 \geqslant 200; \end{aligned}\right\} \tag{7.29}$$

$$\left.\begin{aligned} &A_{2\,max} = 90; \\ &A_2 + B_2 \geqslant C_2 + 28; \\ &C_2 + D_2 \geqslant B_2 + 28; \\ &C_2 + D_2 \geqslant 80; \\ &A_2 + B_2 + C_2 + D_2 \geqslant 200. \end{aligned}\right\} \tag{7.30}$$

7. 1. 3. 3. Probleme rezolvate.

1. Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic de divizare.

Rezolvare. Divizarea se efectuează după un număr q de dinți (q=1, 2, 3, ...) și constă în deplasarea roții piesă, fără rotire, cu o viteză rapidă v_R, din punctul în care s-a terminat prelucrarea celor q dinți pînă în punctul inițial, deplasare egală cu $qp_d = q\pi m$ (fig. 7.12, *b* și *e*).

Lanțul cinematic de divizare este considerat de la tamburul de comandă T_c, a cărui rotire pentru o divizare este 0,4 dintr-o rotație întreagă, la șurubul conducător S_c, ecuația acestui lanț fiind

$$q\pi m = 0{,}4 \cdot 1 \text{ rot } T_c \frac{90}{18} \frac{35}{35} \frac{35}{35} i_m \frac{38}{38} \frac{33}{33} \frac{50}{50} \frac{A_1}{B_1} \frac{C_1}{D_1} 2\pi.$$

Formula de reglare obținută din această ecuație este

$$\frac{A_1}{B_1} \frac{C_1}{D_1} = \frac{1}{4} \frac{q}{i_m} m.$$

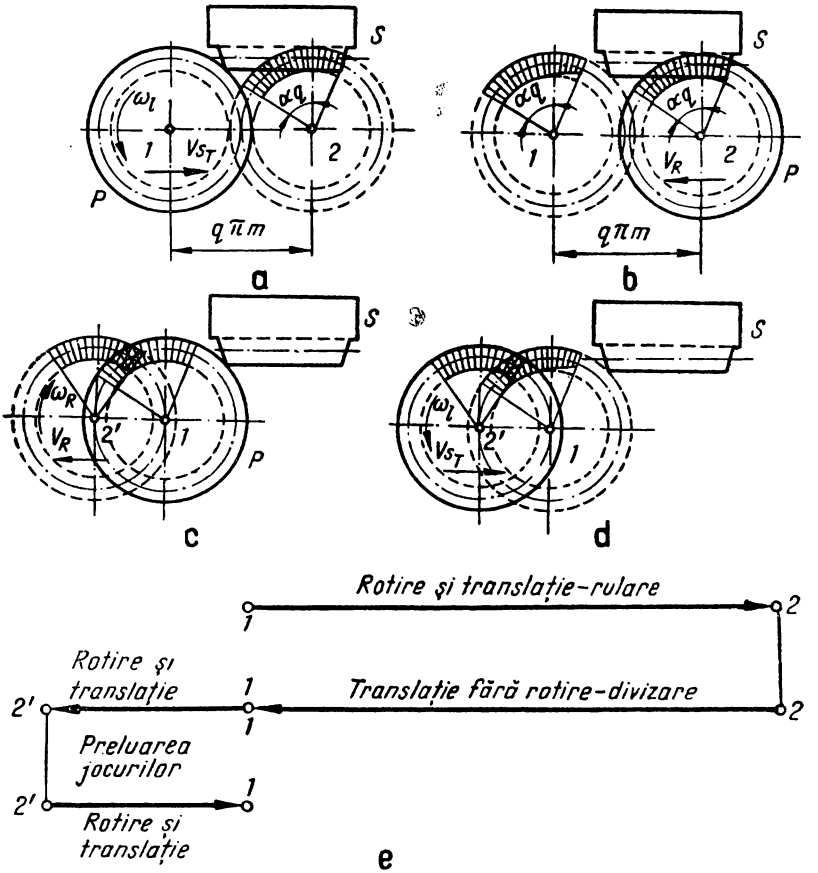


Fig. 7.12. Ciclul de lucru al mașinii Maag-S1 :
a — faza de lucru, prelucrarea a *q* dinți; *b* — faza de divizare; *c* și *d* — faza de preluare a jocurilor; *e* — ciclograma prelucrării a *q* dinți.

Raportul de transmitere al cutiei de multiplicare are valorile : $i_m = \frac{58}{20}$; $\frac{52}{26}$; $\frac{39}{39}$ (fig. 7.11), între arborii *IX* și *X*.

Pentru prelucrarea danturii înclinate, ținînd seama de relația (7.21), formula de reglare este

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = \frac{1}{4}\frac{qm_n}{i_m \cos\beta}.$$

2. Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic de avans tangențial.

Rezolvare. Deplasarea intermitentă a piesei în timpul prelucrării este efectuată cu un avans tangențial s_T mm/cd. Această deplasare (din punctul *1* în punctul *2* fig. 7.12, *a* și *e*) reprezintă reproducerea angrenării piesei cu cremaliera-sculă, cercul de rulare al piesei fiind tangent la linia de referință a cremalierei.

Mișcarea intermitentă este asigurată de mecanismul cu clichet MC_1 (fig. 7.11), care primește o mișcare de rotație oscilatorie prin manivela reglabilă E și pîrghia oscilantă P_0. Lanțul cinematic de avans tangențial (MC_1 — arborii *VII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV* — *Sc*) are ecuația

$$n'_{sc}\,360^\circ = a_c \frac{\overline{57}\,35}{38\,\overline{35}}\, i_m \frac{38\,33\,50}{38\,33\,\overline{50}} \frac{A_1}{B_1} \frac{C_1}{D_1},$$

în care $n'_{sc}360^\circ$ reprezintă unghiul de rotire a șurubului conducător S_c pentru o cursă dublă.

Ținînd seamă de (7.20), (7.25) și (7.26) și simplificînd se obține formula de reglare în cazul dinților drepți

$$z_s = 51 \frac{s_T}{qm},$$

sau, considerînd (7.21),

$$z_s = 51 \frac{s_T \cos \beta}{qm_n}$$

pentru prelucrarea dinților înclinați.

3. Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic de rulare.

Rezolvare. Lanțul cinematic de rulare asigură o legătură precisă între rotirea piesei și deplasarea ei liniară, fiind un lanț închis între șurubul conducător *Sc* și mecanismul melc-roată melcată 1—60 pentru rotirea piesei. Ecuația acestui lanț este

$$n_p = n_{sc} \frac{D_1}{C_1} \frac{B_1}{A_1} \frac{50}{\overline{50}} \frac{A_2}{B_2} \frac{C_2}{D_2} \frac{1}{60},$$

de unde, ținînd seama de condiția de rulare exprimată prin (7.23), și de (7.20), se obține formula de reglare

$$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2} = 30\frac{q}{i_m z_p}.$$

4. Să se calculeze roțile de schimb pentru reglarea lanțului cinematic de divizare la prelucrarea unei roți dințate cu dinți drepți, fiind date: $m=3$ mm și $q=2$.

Rezolvare. Se alege raportul de transmitere al cutiei de multiplicare $i_m=\frac{52}{26}=2$ și se calculează roțile de schimb cu (7.20).

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = \frac{1}{4}\frac{2}{2}\cdot 3 = \frac{3}{4} = \frac{3}{2}\frac{1}{2} = \frac{60}{40}\frac{50}{100}.$$

Setul de roți de schimb al mașinii este: de la 22 la 80 din dinte în dinte; 82; 83; 85; 87; 89; 90; 94; 98; 100; 105; 108; 110; 115; 120; 127 și 130, cu dubluri pentru roțile 40; 54; 80 și 90.

Roțile de schimb se calculează respectînd condițiile de angrenare date de (7.29), condiții ce sînt îndeplinite pentru roțile determinate mai sus.

5. Să se calculeze roțile de schimb pentru reglarea lanțului cinematic de rulare la prelucrarea unei roți dințate cu dinți drepți, fiind cunoscute: $z_p=71$ și $q=1$.

Rezolvare. Se alege $i_m=\frac{39}{39}=1$ și se calculează roțile de schimb cu (7.24)

$$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2} = 30\frac{1}{71} = \frac{30}{71}\frac{80}{80}.$$

Condițiile de angrenare impuse de (7.30) sînt respectate.

6. Să se efectueze calculul de reglare a lanțului cinematic de avans tangențial la prelucrarea unei roți dințate cu dinți drepți, fiind date: $s_T=0{,}42$ mm/cd; $q=3$ și $m=2$ mm.

Rezolvare. Se calculează numărul de dinți depășiți de clichet la o oscilație a sa cu relația (7.27) astfel:

$$z_s = 51\,\frac{0{,}42}{3\cdot 2} = 3{,}5.$$

Se adoptă $z_s=3$ număr întreg, în care caz avansul tangențial efectiv este $s_T = \frac{6\cdot 3}{51} = 0{,}35$ mm/cd.

7. Să se efectueze calculul de reglare a mașinii pentru prelucrarea unei roți dințate cu dinți înclinați fiind cunoscute: $z_p=84$; $m_n=5$ mm; $\beta=12°$; $v_a=12$ m/min; $s_T=0{,}5$ mm/cd; $q=2$ și lungimea cursei $l=60$ mm.

Rezolvare. Numărul de curse duble pe minut se calculează cu (7.15) $n_{cd}=500\,\frac{12}{60}=100$ cd/min. Prin cutia de viteze a mașinii se pot realiza următoarele numere de curse duble pe minut: 20; 25; 30,5; 41,5; 51,5,; 63; 78; 97 și 118.

Se adoptă o valoare mai mică decît cea rezultată din calcul, $n_{cd}=97$ cd/min, față de care viteza reală de așchiere este $v_a = \frac{97\cdot 60}{500} = 11{,}6$ m/min.

Culisoul se înclină față de verticală cu 12°.

Roțile de schimb pentru divizare (7.22), luînd $i_m=\frac{52}{26}=2$, au următorul raport de transmitere

$$\frac{A_1}{B_1}\,\frac{C_1}{D_1} = \frac{1}{4}\,\frac{2}{2}\,\frac{5}{0{,}978148} = \frac{5}{3{,}912592} = 1{,}277925.$$

Un calcul precis se poate face după indicația firmei Maag. Astfel, se determină cu ajutorul riglei de calcul o fracție aproximativă care este $\frac{5}{3{,}912592} \approx \frac{32}{25}$, apoi o fracție complementară obținută prin împărțirea fracției exacte la cea aproximativă

$$\frac{5}{3{,}912592} : \frac{32}{25} = \frac{5}{3{,}912592} \cdot \frac{25}{32} = \frac{125}{125{,}202944} = \frac{125\,000\,000}{125\,202\,944}.$$

Raportul roţilor de schimb este egal cu fracţia aproximativă înmulţită cu fracţia complementară

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = \frac{32}{25}\frac{125\,000\,000}{125\,202\,944}.$$

Fracţia complementară se transformă în aşa fel încît diferenţa între numărător şi numitor (sau între numitor şi numărător) să fie o unitate. În acest scop se împart numărătorul şi numitorul la diferenţa dintre aceştia. Astfel, diferenţa între termenii fracţiei este 125 202 944 — 125 000 000 = =0,202944, deci

$$125\,000\,000 : 0{,}202944 = 615{,}7 \approx 615;$$

$$125\,202\,944 : 0{,}202944 = 616{,}7 \approx 616.$$

Cîturile obţinute se pot aproxima (cum s-a făcut mai sus) sau se majorează prin amplificare cu : 5 ; 10 ; 20 ; 30 etc., cu condiţia să se poată descompune în factori primi.

În continuare se scrie fracţia obţinută, se descompun termenii în factori primi, se fac simplificări, şi se obţin roţile de schimb (acestea se potrivesc prin încercări în aşa fel încît să existe în setul maşinii şi să satisfacă condiţiile de angrenare impuse),

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = \frac{32\cdot 615}{25\cdot 616} = \frac{2^5\cdot 3\cdot 5\cdot 41}{2^3\cdot 5^2\cdot 7\cdot 11} = \frac{12}{5}\frac{41}{77} = \frac{60}{25}\frac{41}{77}.$$

Roţile de schimb calculate îndeplinesc condiţiile de angrenare impuse de (7.29).

Abaterea admisă pentru modul este $\pm 0{,}00001$ mm, ceea ce în cazul problemei date se realizează deoarece

$$m = \frac{60}{25}\frac{41}{77}\cdot 3{,}912592 = 4{,}999991,$$

eroarea fiind 4,999991—5,000000=—0,000009.

Lanţul cinematic de rulare se reglează cu (7.24) obţinîndu-se

$$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2} = 30\frac{1}{84} = \frac{2\cdot 3\cdot 5}{2^2\cdot 3\cdot 7} = \frac{1}{2}\frac{5}{7} = \frac{45}{90}\frac{70}{98}.$$

Tabelul 7.8

Formule pentru reglarea diferitelor mașini de danturat cu cuțit-pieptene

Marca fabricii	Tipul	Mașini verticale (de mortezat) cu un cuțit ($q=1$)		
		Formule de calcul		
		Lanțul cinematic de rulare	Lanțul cinematic de divizare	
			Pentru dinți drepți	Pentru dinți înclinați
Maag	S1 S1 1/2 SH1 SH 1/2	$30\frac{1}{z_p}$	$\frac{1}{4}m$	$\frac{1}{4}\frac{m_n}{\cos\beta}$
	SH2	$36\frac{1}{z_p}$	$\frac{1}{10}m$	$\frac{1}{10}\frac{m_n}{\cos\beta}$
	SH3 SH100	$40\frac{1}{z_p}$	$\frac{1}{12}m$	$\frac{1}{12}\frac{m_n}{\cos\beta}$
	SH75/45	$54\frac{1}{z_p}$	$\frac{1}{4}m$	$\frac{1}{4}\frac{m_n}{\cos\beta}$
Mașini orizontale (de rabot at) cu două cuțite ($q=1$)				
Komsomoleț	515	$60\frac{1}{z_p}$	$\frac{1}{4,5}m$	$\frac{1}{4,5}\frac{m_n}{\cos\beta}$
Sunderland	5 A	$40\frac{1}{z_p}$	$\frac{1}{4,5}m$	$\frac{1}{4,5}\frac{m_n}{\cos\beta}$
	5 B 5 C 1 6 2 3	$60\frac{1}{z_p}$	$\frac{1}{4,5}m$	$\frac{1}{4,5}\frac{m_n}{\cos\beta}$
	26	$80\frac{1}{z_p}$	$\frac{1}{4,5}m$	$\frac{1}{4,5}\frac{m_n}{\cos\beta}$
	19	$80\frac{1}{z_p}$	$\frac{1}{6}m$	$\frac{1}{6}\frac{m_n}{\cos\beta}$
	27	$60\frac{1}{z_x}$	$\frac{1}{6}m$	$\frac{1}{6}\frac{m_n}{\cos\beta}$
	30	$45\frac{1}{z_p}$	$\frac{1}{6}m$	$\frac{1}{6}\frac{m_n}{\cos\beta}$

Condițiile de angrenare (7.30) sînt îndeplinite.

Numărul de dinți peste care trece clichetul la o oscilație a sa, după (7.28), este

$$z_s = 51\,\frac{0{,}5 \cdot 0{,}978\,148}{2 \cdot 5} = 2{,}4.$$

Se adoptă $z_s = 2$ (număr întreg), avansul real fiind $s_T = \frac{10 \cdot 2}{51 \cdot 0{,}978148} = 0{,}4$ [mm/cd].

În tabelul 7.8 sînt prezentate formulele de calcul pentru diverse mașini de danturat cu cuțit pieptene.

7.1.4. Danturarea prin rabotare cu două cuțite, a roților conice cu dinți drepți și înclinați

Una dintre mașinile de danturat roți conice cu dinți drepți și înclinați ce se află în dotarea întreprinderilor constructoare de mașini din țara noastră este mașina 526-Saratov, de construcție sovietică, a cărei schemă cinematică este prezentată în fig. 7.13.

7.1.4.1. Notații folosite

n_{cd} este numărul de curse duble pe minut ale cuțitelor, cd/min;
v_a — viteza de așchiere, m/min;
L — lungimea dintelui roții piesă, mm;
l_1 — depășirea cuțitelor în ambele părți ale dintelui, mm;
l — lungimea cursei cuțitelor, mm;
z_p — numărul de dinți ai piesei;
z_{rp} — numărul de dinți ai roții plane;
n_p — turația piesei, rot/min;
n_{rp} — turația roții plane, rot/min;
A, B — roți de schimb pentru lanțul cinematic principal;

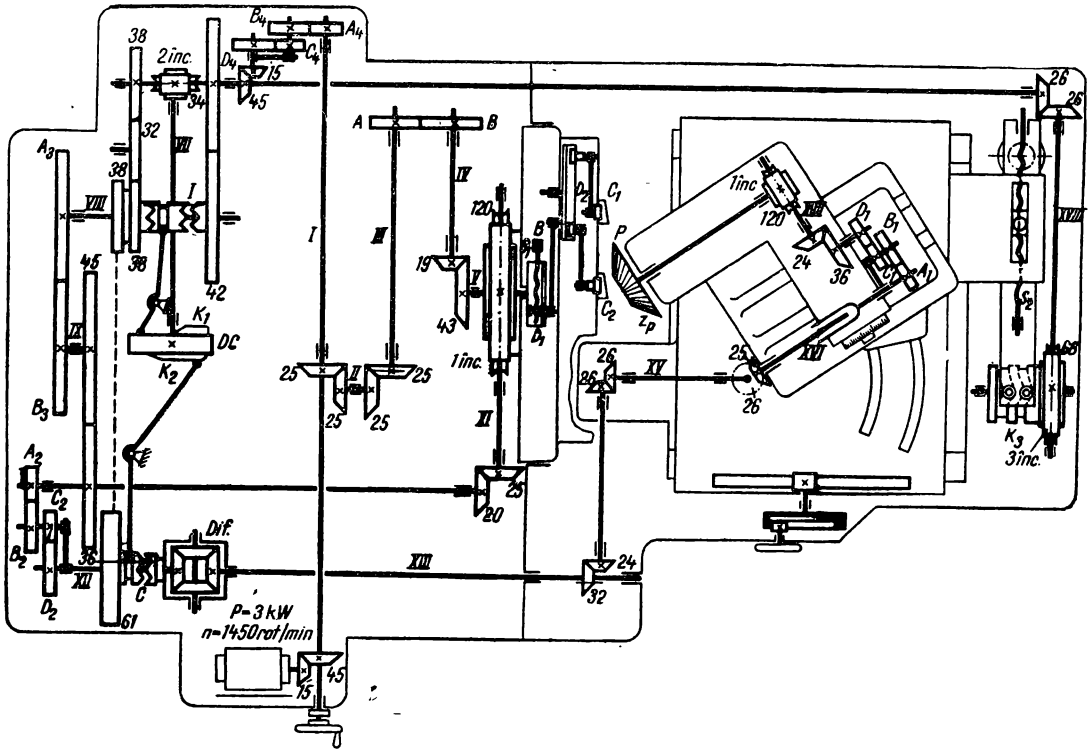


Fig. 7.13. Schema cinematică a mașinii de danturat 526

A_1, B_1, C_1, D_1 — roți de schimb pentru lanțul de divizare;
A_2, B_2, C_2, D_2 — roți de schimb pentru lanțul de rulare;
A_3, B_3 — roți de schimb pentru reglarea mișcării oscilatorii;
A_4, B_4, C_4, D_4 — roți de schimb pentru lanțul de avans circular;
n'_T — numărul de rotații ale tamburului T la o cursă dublă a cuțitelor;
δ_d — semiunghiul conului de divizare al roții piesă, grade;
γ_b — unghiul piciorului dintelui roții piesă, grade;
λ — unghiul de oscilație a cuțitelor, grade;
ψ — unghiul de înclinare a capului portpiesă, grade;
α_0 — unghiul de angrenare, grade;
$\varkappa$ — unghiul de rabotare, grade;
n_0 — turația motorului electric, rot/min;
n'_0 — numărul de rotații ale motorului pentru prelucrarea unui dinte;
s_c — avansul circular, mm/cd;
t_c — timpul de prelucrare a unui dinte, s;
h_b — înălțimea piciorului dintelui piesei, mm;
m — modulul roții de prelucrat, mm;
f — coeficient de înălțime a dintelui ($f=1,2$);
E — lungimea generatoarei conului de rulare, mm.

7.1.4.2. Formule de calcul

$$\frac{A}{B} = 2{,}34\frac{v_a}{l}; \tag{7.31}$$

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = 30\frac{1}{z_p}; \tag{7.32}$$

$$\frac{n_p}{n_{rp}} = \frac{\cos\gamma_b}{\sin\delta_b}; \tag{7.33}$$

$$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2} = \frac{1}{75}\frac{\cos\gamma_b}{\sin\delta_d} z_p ; \tag{7.34}$$

$$\lambda = 2{,}85\lambda_1 \text{ [grade]} ; \tag{7.35}$$

$$n_0' = n_0 \frac{t_c}{60} ; \tag{7.36}$$

$$\frac{A_3}{B_3} = 0{,}12391\lambda_1 ; \tag{7.37}$$

$$n_T' = \frac{s_c}{2\pi E \cos\gamma_b} ; \tag{7.38}$$

$$E = \frac{mz_p}{2}\frac{1}{\sin\delta_d} \text{ [mm]} ; \tag{7.39}$$

$$t_c = 0{,}1884\frac{ml}{v_a s_c} \text{ [min]} ; \tag{7.40}$$

$$\operatorname{tg}\delta_{d1} = \frac{z_{p1}}{z_{p2}} ; \tag{7.41}$$

$$h_b = 1{,}2\,m \text{ [mm]} ; \tag{7.42}$$

$$\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4} = 6{,}331\frac{1}{t_c} ; \tag{7.43}$$

$$\operatorname{tg}\gamma_b = 2{,}4\frac{\sin\delta_d}{z_p} ; \tag{7.44}$$

$$\varkappa = 57{,}296\left(\frac{\pi}{4f} + \operatorname{tg}\alpha_0\right)\operatorname{tg}\gamma ; \tag{7.45}$$

$$\psi = \delta_d - \gamma_b ; \tag{7.46}$$

$$\lambda_1 = \left(\frac{353{,}3\frac{h_b}{m} + 90}{z_p} - 0{,}8\right)\sin\delta_d, \text{ pentru } \alpha_0 = 20° ; \tag{7.47}$$

$$\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4} = 956{,}64474\frac{v_a s_c}{l\lambda_1 mz_p}\frac{\sin\delta_d}{\cos\gamma_b} . \tag{7.48}$$

7.1.4.3. Probleme rezolvate

1. Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic principal pentru realizarea vitezei de așchiere.

Rezolvare. Se scrie ecuația lanțului cinematic principal, de la motorul electric la discul cu manivelă D_1, care are forma

$$n_{cd} = 1\,450 \frac{15}{45} \frac{25}{25} \frac{25}{25} \frac{A}{B} \frac{19}{43},$$

de unde, ținînd seama de (7.15) și simplificînd, se obține

$$\frac{A}{B} = 2{,}34 \frac{v_a}{l}.$$

2. Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic de divizare.

Rezolvare. Lanțul cinematic de divizare are un capăt la diferențialul *Dif*, a cărui carcasă se rotește cu 360° la o divizare cu un dinte, iar celălalt capăt la piesă, care se rotește cu un unghi $\alpha_p = \frac{360°}{z_p}$. Raportul de transmitere al diferențialului de la roata *61* la arborele *XIII* este $i_d''=2$. Ecuația lanțului cinematic are forma

$$\frac{360°}{z_p} = 360° \cdot 2 \cdot \frac{32}{24} \frac{26}{26} \frac{26}{26} \frac{A_1}{B_1} \frac{C_1}{D_1} \frac{36}{24} \frac{1}{120},$$

de unde, prin simplificare, rezultă formula de reglare

$$\frac{A_1}{B_1} \frac{C_1}{D_1} = 30 \frac{1}{z_p}.$$

3. Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic de rulare.

Rezolvare. Lanțul cinematic de rulare se închide între piesa de prelucrat, a cărei turație este n_p și roata plană ima-

ginară cu turația n_{rp} (turația tamburului T). Raportul de transmitere al diferențialului de la arborele XII la arborele $XIII$ este $i_d'=1$. Ecuația lanțului cinematic de rulare este

$$n_p=n_{rp}\frac{120}{1}\frac{25}{20}\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2}\cdot 1\cdot\frac{32}{24}\frac{26}{26}\frac{26}{26}\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1}\frac{36}{24}\frac{1}{120},$$

de unde, ținînd seamă de (7.32) și (7.33) și simplificînd, rezultă

$$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2}=\frac{1}{75}\frac{\cos\gamma_b}{\sin\delta_d}z_p.$$

4. Să se determine formula de reglare a mișcării de rotație oscilatorie a cuțitelor.

Rezolvare. Mișcarea de rotație oscilatorie (rotirea cuțitelor într-un sens și revenirea) se face în unghiul λ (fig. 7.14).

Unghiul λ este egal cu suma unghiurilor $\lambda_1+\lambda_2$ (fig. 7.14), ale căror valori sînt determinate prin încercări cu o aproximație suficientă. Unghiul λ_1 (pentru unghiul de angrenare $\alpha_0=20°$) este dat de relația (7.47), iar $\lambda_2=1{,}85\lambda_1$. Unghiul $\lambda_2>\lambda_1$ deoarece în acest unghi se efectuează și divizarea. Unghiul se poate exprima funcție de λ_1. Astfel, $\lambda=\lambda_1+\lambda_2=\lambda_1+1{,}85\lambda_1=2{,}85\lambda_1$ (7.35).

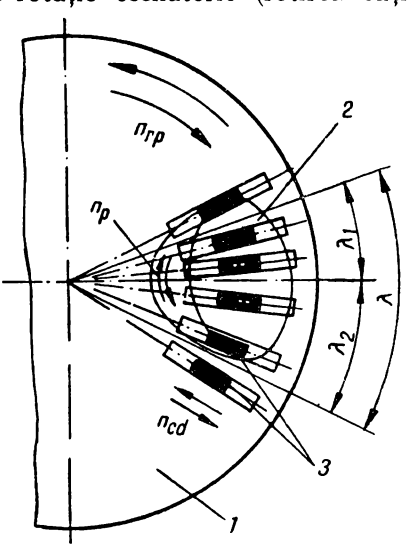


Fig. 7.14. Unghiul de pendulare a tamburului portcuțite la mașina 526

Capătul de intrare al lanțului cinematic este discul de comandă D_c, al cărui unghi de rotație corespunzător rotirii tamburului T cu unghiul λ este $\theta=0{,}451\cdot 360°$. Ecuația lanțului este

$$\lambda=0{,}451\cdot 360°\frac{34}{2}\frac{42}{42}\frac{A_3}{B_3}\frac{45}{36}\frac{20}{25}\frac{1}{120},$$

de unde, ținînd seamă de (7.35) și (7.47), rezultă formula de reglare

$$\frac{A_3}{B_3} = 0,12391\,\lambda_1 .$$

5. Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic pentru avans circular.

Rezolvare. Acest lanț cinematic asigură viteza de rulare. Capătul lui de intrare este discul cu manivelă D_1, a cărui rotație duce la rotirea tamburului T prin lanțul format din: D_1 — arborii *V*, *IV*, *III*, *II*, *I*, *VIII*, *IX*, *X*, *XI* — tamburul T. Pentru o rotație a discului D_1, deci pentru o cursă dublă a cuțitelor C_1 și C_2, tamburul T efectuează o rotire exprimată prin (7.38), în care E este dat de (7.39), iar $2\pi E \cos\gamma_b$ reprezintă lungimea desfășurată a roții plane imaginare (convențională).

Ecuația lanțului cinematic este

$$\frac{s_c}{2\pi E \cos\gamma_b} = 1\ rot\ D_1 \frac{43}{19}\frac{B}{A}\frac{25}{25}\frac{25}{25}\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4}\frac{15}{45}\frac{42}{42}\frac{A_3}{B_3}\frac{45}{36}\frac{20}{25}\frac{1}{120},$$

din care, ținînd seama de (7.31), (7.37) și (7.39) și simplificînd, se obține formula de reglare

$$\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4} = 956,64474\,\frac{v_a s_c}{l\lambda_1 m z_p}\,\frac{\sin\delta_d}{\cos\gamma_b}.$$

Un calcul mai comod se efectuează, cunoscînd timpul t_c în secunde pentru prelucrarea unui dinte (un ciclu de lucru).

În acest caz lanțul cinematic este: motorul electric — arborii *I*, *VI* — discul D_c. Ecuația lanțului se scrie considerînd că la o rotație a discului de comandă D_c motorul electric se rotește cu un număr de rotații n_0' dat de (7.36). Ecuația are forma

$$1\ rot\ D_c = n_0' \frac{15}{45}\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4}\frac{15}{45}\frac{2}{32},$$

de unde, ținînd seama de (7.36) și simplificînd, se obține

$$\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4} = 6{,}331\,\frac{1}{t_c}\,.$$

Timpul t_c pentru un ciclu se calculează cu (7.40).

6. Să se facă calculul roților de schimb pentru lanțul cinematic principal la prelucrarea unei roți conice cu dinți drepți, fiind cunoscute: L=34 mm și v =24 m/min.

Rezolvare. Se aplică (7.14) pentru calculul cursei cuțitelor, știind că l_1=6...8 mm,

$$l = 34 + 7 = 41 \text{ [mm]}.$$

Raportul de transmitere al roților de schimb din (7.31) este

$$\frac{A}{B} = 2{,}34\,\frac{24}{41} = 1{,}37.$$

Se cunoaște că pentru mașina 526 $A+B=72$, iar din relația de mai sus $A=1{,}37\,B$. Se scrie $1{,}37\,B+B=72$, sau $2{,}37\,B=72$, de unde $B=31$, iar $A=72-31=41$. Se recalculează viteza de așchiere din (7.31) care este

$$v_a = \frac{41}{2{,}34}\,\frac{41}{31} = 23{,}9 \text{ [m/min]}.$$

Setul de roți de schimb pentru lanțul principal și pentru lanțul mișcării de oscilație a cuțitelor este: de la 19 la 50 din dinte în dinte; 53 și dublură pentru roata *36*.

7. Să se calculeze viteza de așchiere la rabotarea danturii, fiind cunoscute: n_{cd}=320 cd/min și l=38 mm.

Rezolvare. Se calculează roțile de schimb A—B din ecuația lanțului principal (v. problema 1) în care se înlocuiește n_{cd}= 320 cd/min: $\frac{A}{B}$ =1,49, $A = 1{,}49\,B$, $A+B=72$, de unde B=29 și A=43.

Viteza de așchiere din (7.31) este $v_a = \frac{38}{2{,}34}\,\frac{43}{29} = 24$ [m/min].

8. Să se facă calculul de divizare la prelucrarea unei roți dințate, avînd $z_p=17$.

Rezolvare. Se aplică relația (7.32).

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1}=30\frac{1}{17}=\frac{15}{17}\frac{2}{1}=\frac{75}{85}\frac{80}{40}.$$

Condițiile de angrenare impuse de relațiile (1.14) sînt satisfăcute.

Setul de roți de schimb pentru reglarea lanțurilor cinematice de rulare și divizare este: 20; 25; 26; 29; 30; 30; 31; 34; 35; 38; 40; 40; 41; 42; 43; 45; 46; 47; 48; 49; 50; 50; 52; 53; 55; 57; 58; 59; 60; 65; 67; 70; 71; 72; 73; 75; 80; 85; 87; 90; 95 și 100.

9. Să se facă calculul roților de schimb pentru reglarea lanțului cinematic de rulare la prelucrarea unei roți conice cu dinți drepți, fiind cunoscute: $z_{p_1}=32$ și roata cu care angrenează $z_{p_2}=64$.

Rezolvare. Se calculează $\operatorname{tg}\delta_{d_1}$ cu (7.41)

$$\operatorname{tg}\delta_{d_1}=\frac{32}{64}=0{,}500\,000.$$

Prin interpolare rezultă: $\delta_{d_1}=26°33'54''$ și $\sin 26°33'54''=0{,}447212$.

Se calculează $\operatorname{tg}\gamma_{b_1}$ cu (7.44)

$$\operatorname{tg}\gamma_{b_1}=2{,}4\,\frac{0{,}447212}{32}=0{,}033540.$$

Prin interpolare rezultă: $\gamma_{b_1}=1°55'15''$ și $\cos 1°55'15''=0{,}999438$.

Se calculează roțile de schimb cu (7.34)

$$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2}=\frac{1}{75}\,\frac{0{,}999438}{0{,}447212}\cdot 32=0{,}9533522.$$

Un calcul precis se poate face după metoda indicată în problema 7 din 7.1.3.3., sau, cu aproximație, din tabele.

În [32], pentru raportul 0,953488 deci cu o aproximație de 0,000034, se găsesc roțile de schimb $A_2=41$ și $D_2=43$.

Pentru realizarea angrenării se pot folosi: $B_2=C_2=50$, deci

$$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2}=\frac{41}{50}\frac{50}{43}.$$

10. Să se efectueze calculele de reglare a mașinii 526 pentru prelucrarea unei roți dințate conice cu dinți drepți, fiind cunoscute: $z_{p1}=29$; $m=4$ mm; $L=38$ mm; $v_a=23$ m/min; $t_c=25$ s; $\alpha_0=20°$ și numărul de dinți ai roții cu care angrenează roata prelucrată $z_{p2}=50$.

Rezolvare. Cu (7.14) se calculează lungimea cursei, luînd $l_1=7$ mm, $l=38+7=45$ mm.

Roțile de schimb pentru lanțul principal se calculează cu (7.31), astfel

$$\frac{A}{B}=2{,}34\frac{23}{45}=1{,}2.$$

de unde $A=1{,}2\,B$. Deoarece $A+B=72$ rezultă $A=39$ și $B=33$.

Viteza reală de așchiere este $v_a=\frac{45}{2{,}34}\frac{39}{33}=22{,}7$ m/min.

Calculul roților de schimb pentru divizare se face cu (7.32), astfel:

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1}=\frac{30}{29}=\frac{30}{29}\frac{50}{50}.$$

Verificînd posibilitatea de angrenare cu (1.14) se constată că poziția corectă a roților este

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1}=\frac{50}{29}\frac{30}{50}.$$

Calculul roților de schimb pentru lanțul de rulare se efectuează cu (7.34). Se calculează mai întîi $\sin\delta_{d1}$ cu (7.41) și $\operatorname{tg}\gamma_{b1}$ cu (7.44), apoi $\cos\gamma_{b1}$;

$$\operatorname{tg}\delta_{d1}=\frac{29}{50}=0{,}580000,$$

de unde, prin interpolare, $\delta_{d1}=30°6'48''$ și $\sin 30°6'48''=$ $=0{,}501711$;

$$\operatorname{tg}\gamma_{b1}=2{,}4\frac{0{,}501711}{29}=0{,}041520,$$

de unde, prin interpolare, $\gamma_{b1}=2°22'36''$ și $\cos 2°22'36''=$ $=0{,}999140$.

Aplicînd relația (7.34) se obține

$$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2}=\frac{1}{75}\frac{0{,}999140}{0{,}501711}\cdot 29=0{,}770003.$$

Se aproximează valoarea raportului la 0,77, eroarea fiind 0,000003, se transformă fracția zecimală în fracție ordinară și se descompun termenii în factori primi

$$0{,}77=\frac{77}{100}=\frac{7\cdot 11}{2^2\cdot 5^2}$$

de unde

$$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2}=\frac{70}{50}\frac{55}{100}.$$

Calculul roților de schimb A_3—B_3 pentru mișcarea de oscilație a capului portcuțite: cu relația (7.42) se calculează înălțimea piciorului dintelui $h_{b1}=1{,}2\cdot 4=4{,}8$ mm; cu relația (7.47) se calculează unghiul λ_1 (pentru $\alpha_0=20°$), astfel:

$$\lambda_1=\left(\frac{353{,}3\,\frac{4{,}8}{4}+90}{29}-0{,}8\right)0{,}501711=8°29'23''\approx 8°30';$$

se aplică relația apoi (7.37) și se obține

$$\frac{A_3}{B_3}=0{,}12391\cdot 8°30'=1{,}05,$$

de unde, ținînd seamă că $A_3+B_3=72$ și $A_3=1{,}05\,B_3$, roțile de schimb sînt: $A_3=37$ și $B_3=35$.

Calculul roților de schimb pentru avansul circular se face cu (7.43),

$$\frac{A_4}{B_4}\frac{C_4}{D_4}=\frac{6{,}331}{25}\approx\frac{6{,}3}{25}=\frac{63}{250}=\frac{3^2\cdot 7}{2\cdot 5^3}=0{,}252.$$

Condițiile impuse la montarea roților de schimb pe lira avansului circular sînt:

$$A_4+B_4=100 \text{ și } C_4+D_4=84...109.$$

Ținînd seama de prima condiție se pot scrie ecuațiile:

$$\frac{A_4}{B_4}=\frac{3}{5};\quad A_4+B_4=100,$$

de unde $A_4=37$ și $B_4=63$.

Raportul $\frac{C_4}{D_4}=0{,}252\frac{63}{37}=0{,}42908\approx\frac{30}{70}$. Condiția a doua este îndeplinită deoarece $C_4+D_4=30+70=100$.

Recalculînd timpul de prelucrare a unui dinte se obține $t_c=6{,}331\frac{63}{37}\frac{70}{30}=25{,}1$ s, ceea ce este satisfăcător.

Setul de roți de schimb pentru avansul circular este: 21; 21; 25; 30; 37; 42; 58; 63; 70; 79 și 79.

Calculul unghiului de rabotare (unghiul dintre direcțiile de rabotare ale cuțitelor(se fac cu relația (7.45)

$$\varkappa=57{,}296\left(\frac{3{,}1416}{4\cdot1{,}2}=0{,}36397\right)0{,}04152=2°25'.$$

Cuțitele C_1 și C_2 se înclină cu unghiul $2\varkappa=4°50'$ (fig. 7.15).

Calculul unghiului ψ de rotire a capului port piesă se face cu (7.46), $\psi=30°6'48''-2°22'36''=27°44'12''$.

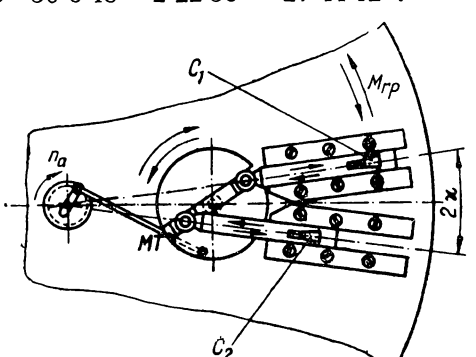


Fig. 7.15. Unghiul de înclinare a cuțitelor la mașina 526

7.2.1. Filetarea prin frezare a filetelor lungi

Prelucrarea filetelor lungi prin frezare se efectuează pe mașini specializate de frezat filet, folosind o freză disc profilată. O astfel de mașină este prezentată prin schema cinematică din figura 7.16, (mașina sovietică 561).

7.2.1.1. Notații folosite

n_p este turația piesei, rot/min;
n_s — turația sculei, rot/min;
i_{CA} — raportul de transmitere al cutiei de avansuri CA;
v_{sE} — viteza de avans a frezei pe elicea filetului, mm/min;
l_E — lungimea elicei pentru un pas, mm;
p_a — pasul axial al filetului, mm;
γ — unghiul de pantă al filetului, grade;
z_s — numărul de dinți ai frezei;
s_d — avansul pe dinte, mm/dinte;
k — numărul de începuturi ale filetului;
A_1, B_1, C_1, D_1 — roți de schimb pentru lanțul de filetare;
z_p — numărul de caneluri ale piesei;
A, B, C, D — roți de schimb pentru lanțul de rulare;
v_a — viteza de așchiere, m/min;
d_{es} — diametrul exterior al sculei, mm;
d_m — diametrul mediu al filetului (fig. 7.17), mm;
v_{sa} — viteza de avans axial, mm/min;
m — modulul filetului, mm;
d_{ep} — diametrul exterior al filetului, mm;

7.2.1.2. Formule de calcul

$$v_{sE} = \frac{p_s}{\sin \gamma} n_p \text{[m/min]}; \tag{7.49}$$

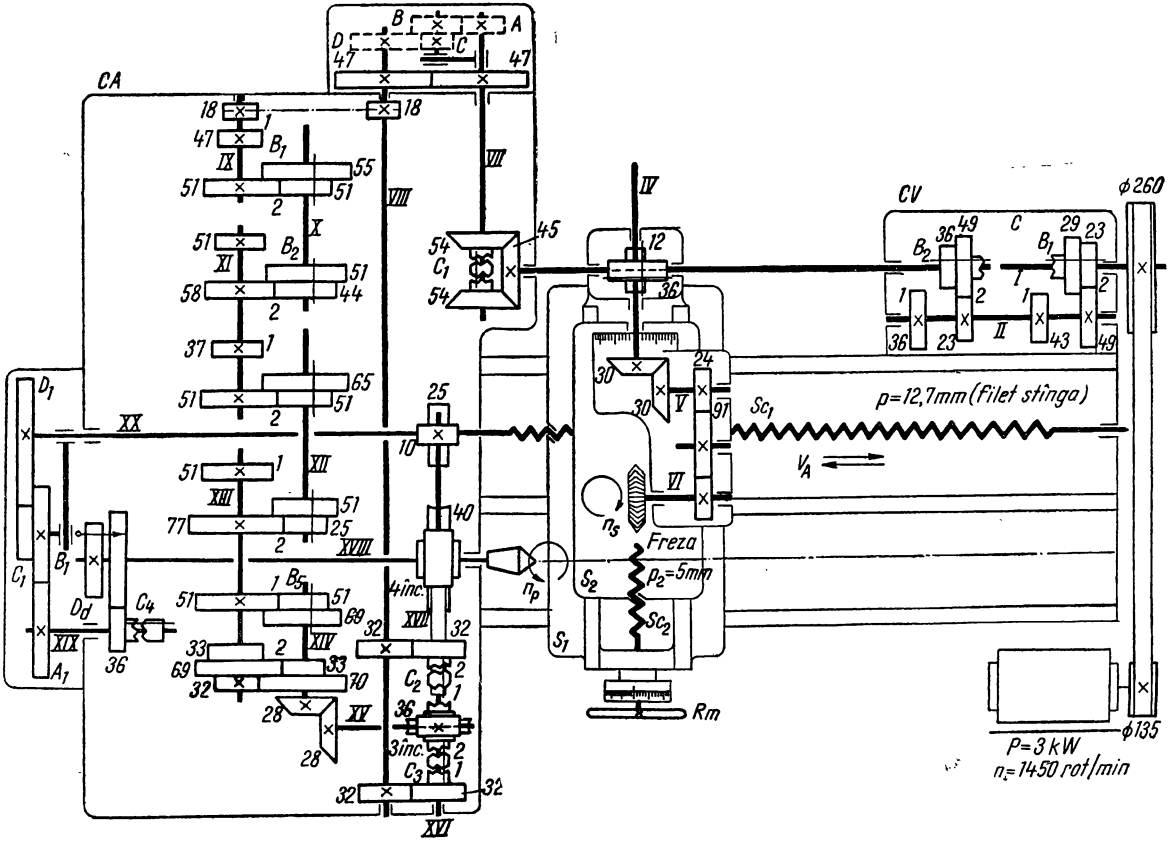


Fig. 7.16. Schema cinematică a mașinii de frezat filet 561

$$v_{sE} = s_d z_s n_s \quad [\text{mm/min}]; \tag{7.50}$$

$$\frac{n_p}{n_s} = \frac{\sin\gamma}{p_a} s_d z_s; \tag{7.51}$$

$$i_{CA} = 48 \frac{\sin\gamma}{p_a} s_d z_s; \tag{7.52}$$

$$i_{CA} = 48 \frac{\sin\gamma}{kp_a} s_d z_s; \tag{7.53}$$

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = \frac{1}{3 \cdot 12{,}7} p_a; \tag{7.54}$$

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = \frac{1}{3 \cdot 12{,}7} kp_a; \tag{7.55}$$

$$i_{CA} = 0{,}944881\, s_d z_s \sin\gamma \tag{7.56}$$

$$\frac{n_p}{n_s} = \frac{k}{z_p}; \tag{7.57}$$

$$\frac{A}{B}\frac{C}{D} = 4\frac{k}{z_p}; \tag{7.58}$$

$$i_{CA} = 0{,}944881\, s_d z_s; \tag{7.59}$$

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{p_a}{\pi d_{mp}}. \tag{7.60}$$

7.2.1.3. Probleme rezolvate

1. Să se calculeze turațiile frezei, folosind toate combinațiile de cuplare ale roților dințate din cutia de viteze *CV*.

Rezolvare. Se scriu ecuațiile lanțului cinematic principal de la motorul electric pînă la freză, considerînd și un coeficient de alunecare a curelelor egal cu 0,985. Pentru cele patru poziții ale celor doi balodori se obțin ecuațiile:

$$n_{s1} = 1\,450 \frac{135}{260} \cdot 0{,}985 \frac{23}{49}\frac{23}{49}\frac{12}{36}\frac{30}{30}\frac{24}{91}\frac{91}{24} = 54{,}5 \text{ [rot/min]};$$

$$n_{s2} = 1\,450 \frac{135}{260} \cdot 0{,}985 \frac{29}{43} \frac{23}{49} \frac{12}{36} \frac{30}{30} \frac{24}{91} \frac{91}{24} = 78{,}2 \text{ [rot/min]};$$

$$n_{s3} = 1\,450 \frac{135}{260} \cdot 0{,}985 \frac{23}{49} \frac{36}{36} \frac{12}{36} \frac{30}{30} \frac{24}{91} \frac{91}{24} = 116{,}0 \text{ [rot/min]};$$

$$n_{s4} = 1\,450 \frac{135}{260} \cdot 0{,}985 \frac{29}{43} \frac{36}{36} \frac{12}{36} \frac{30}{30} \frac{24}{91} \frac{91}{24} = 166{,}7 \text{ [rot/min]};$$

Ultima ecuație se scrie pentru poziția închisă a cuplajului C (transmisie directă de la arborele I la arborele III),

$$n_{s5} = 1\,450 \frac{135}{260} \cdot 0{,}985 \frac{12}{36} \frac{30}{30} \frac{24}{91} \frac{91}{24} = 247{,}0 \text{ [rot/min]}.$$

Pozițiile baladorilor B_1 și B_2, roțile dințate angrenate în cutia de viteze și valorile turațiilor sînt prezentate în tabelul 7.9.

Tabelul 7.9

Turațiile frezei la mașina 561

Roțile angrenate în cutia de viteze	Pozițiile baladorilor		Turația, rot/min
	B_1	B_2	
$\frac{23}{49} \frac{23}{49}$	2	2	54,5
$\frac{29}{43} \frac{23}{49}$	1	2	78,2
$\frac{23}{49} \frac{36}{36}$	2	1	116,0
$\frac{29}{43} \frac{36}{36}$	1	1	166,7
Cuplaj C închis	—	—	247,0

2. Să se determine formula de calcul a vitezei de avans a frezei pe elicea filetului.

Rezolvare. În figura 7.17 este reprezentată desfășurata elicei filetului, al cărui unghi de pantă este γ. Viteza de avans a frezei pe elice este

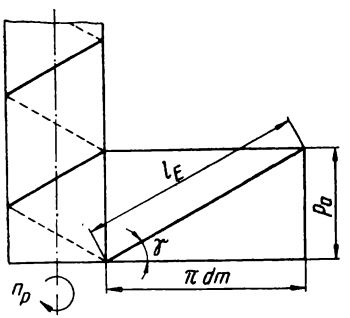


Fig. 7.17. Desfășurata elicei filetului

$$v_{sE}=l_E\, n_p,$$

de unde, înlocuind

$$l_E=\frac{p_a}{\sin\gamma},$$

se obține

$$v_{sE}=\frac{p_a}{\sin\gamma}\, n_p.$$

3. Să se determine formula de reglare a turației piesei, n_p, la filetare.

Rezolvare. Mișcarea de rotație se transmite la piesă de la arborele *III* prin inversorul cu roți conice *45—54* arborele *VII*, roțile cilindrice *47—47* arborele *VIII*, roțile de lanț *18—18* cutia de avansuri *CA*, roțile conice *28—28* arborele *XV*, mecanismul melc-roată melcată *3—36*, cuplajul C_2 în poziția *1* arborele tubular *XVII*, mecanismul melc-roată melcată *4—40* arborele *XVIII*. În acest caz roțile de schimb *A—B, C—D* nu sînt montate, iar cuplajul C_3 este liber (necuplat). Ecuația lanțului cinematic se scrie de la freză la piesă (arborele *XVIII*) și are forma:

$$n_p=n_s\,\frac{24}{91}\,\frac{91}{24}\,\frac{30}{30}\,\frac{36}{12}\,\frac{45}{54}\,\frac{47}{47}\,\frac{18}{18}\,i_{CA}\,\frac{28}{28}\,\frac{3}{36}\,\frac{4}{40},$$

de unde, făcînd simplificări și explicitînd pe i_{CA}, se obține

$$i_{CA}=48\,\frac{n_p}{n_s}.$$

Valorile rapoartelor de transmitere din cutia de avansuri la mașina de frezat filet 561

Raportul de transmitere	Roțile angrenate în cutia de avansuri	Valoarea raportului de transmitere	Pozițiile baladorilor				
			B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
1	2	3	4	5	6	7	8
i_{CA1}	$\frac{47\ 44\ 37\ 25\ 32\ 33\ 33}{55\ 58\ 65\ 77\ 70\ 69\ 69}$	0,012	1	2	1	2	2
i_{CA2}	$\frac{51\ 44\ 37\ 25\ 32\ 33\ 33}{51\ 58\ 65\ 77\ 70\ 69\ 69}$	0,014	2	2	1	2	2
i_{CA3}	$\frac{47\ 51\ 37\ 25\ 32\ 33\ 33}{55\ 51\ 65\ 77\ 70\ 69\ 69}$	0,016	1	1	1	2	2
i_{CA4}	$\frac{51\ 51\ 37\ 25\ 32\ 33\ 33}{51\ 51\ 65\ 77\ 70\ 69\ 69}$	0,019	2	1	1	2	2
i_{CA5}	$\frac{47\ 44\ 51\ 25\ 32\ 33\ 33}{55\ 58\ 51\ 77\ 70\ 69\ 69}$	0,022	1	2	2	2	2
i_{CA6}	$\frac{51\ 44\ 51\ 25\ 32\ 33\ 33}{51\ 58\ 51\ 77\ 70\ 69\ 69}$	0,025	2	2	2	2	2
i_{CA7}	$\frac{47\ 51\ 51\ 25\ 32\ 33\ 33}{55\ 51\ 51\ 77\ 70\ 69\ 69}$	0,029	1	1	2	2	2
i_{CA8}	$\frac{51\ 51\ 51\ 25\ 32\ 33\ 33}{51\ 51\ 51\ 77\ 70\ 69\ 69}$	0,034	2	1	2	2	2
i_{CA9}	$\frac{47\ 44\ 37\ 51\ 32\ 33\ 33}{55\ 58\ 65\ 51\ 70\ 69\ 69}$	0,038	1	2	1	1	2
i_{CA10}	$\frac{51\ 44\ 37\ 51\ 32\ 33\ 33}{51\ 58\ 65\ 51\ 70\ 69\ 69}$	0,045	2	2	1	1	2
i_{CA11}	$\frac{47\ 51\ 37\ 51\ 32\ 33\ 33}{55\ 51\ 65\ 51\ 70\ 69\ 69}$	0,050	1	1	1	1	2
i_{CA12}	$\frac{51\ 51\ 37\ 51\ 32\ 33\ 33}{51\ 51\ 65\ 51\ 70\ 69\ 69}$	0,059	2	1	1	1	2

Tabelul 7.10 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8
i_{CA13}	$\frac{47\,44\,51\,51\,32\,33\,33}{55\,58\,51\,51\,70\,69\,69}$	0,068	1	2	2	1	2
i_{CA14}	$\frac{51\,44\,51\,51\,32\,33\,33}{51\,58\,51\,51\,70\,69\,69}$	0,079	2	2	2	1	2
i_{CA15}	$\frac{47\,51\,51\,51\,32\,33\,33}{55\,51\,51\,51\,70\,69\,69}$	0,089	1	1	2	1	2
i_{CA16}	$\frac{51\,51\,51\,51\,32\,33\,33}{51\,51\,51\,51\,70\,69\,69}$	0,104	2	1	2	1	2
i_{CA17}	$\frac{47\,44\,37\,25\,51}{55\,58\,65\,77\,51}$	0,119	1	2	1	2	1
i_{CA18}	$\frac{51\,44\,37\,25\,51}{51\,58\,65\,77\,51}$	0,140	2	2	1	2	1
i_{CA19}	$\frac{47\,51\,37\,25\,51}{55\,51\,65\,77\,51}$	0,157	1	1	1	2	1
i_{CA20}	$\frac{51\,51\,37\,25\,51}{51\,51\,65\,77\,51}$	0,185	2	1	1	2	1
i_{CA21}	$\frac{47\,44\,51\,25\,51}{55\,58\,51\,77\,51}$	0,210	1	2	2	2	1
i_{CA22}	$\frac{51\,44\,51\,25\,51}{51\,58\,51\,77\,51}$	0,246	2	2	2	2	1
i_{CA23}	$\frac{47\,51\,51\,25\,51}{55\,31\,51\,77\,51}$	0,276	1	1	2	2	1
i_{CA24}	$\frac{51\,51\,51\,25\,51}{51\,51\,51\,77\,51}$	0,324	2	1	2	2	1
i_{CA25}	$\frac{47\,44\,37\,51\,51}{55\,58\,65\,51\,51}$	0,369	1	2	1	1	1
i_{CA26}	$\frac{51\,44\,37\,51\,51}{51\,58\,65\,51\,51}$	0,432	2	2	1	1	1
i_{CA27}	$\frac{47\,51\,37\,51\,51}{55\,51\,65\,51\,51}$	0,406	1	1	1	1	1

Tabelul 7.10 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8
i_{CA28}	$\frac{51\ 51\ 37\ 51\ 51}{51\ 51\ 65\ 51\ 51}$	0,567	2	1	1	1	1
i_{CA29}	$\frac{47\ 44\ 51\ 51\ 51}{55\ 58\ 51\ 51\ 51}$	0,648	1	2	2	1	1
i_{CA30}	$\frac{51\ 44\ 51\ 51\ 51}{51\ 58\ 51\ 51\ 51}$	0,758	2	2	2	1	1
i_{CA31}	$\frac{47\ 51\ 51\ 51\ 51}{55\ 51\ 51\ 51\ 51}$	0,758	1	1	2	1	1
i_{CA32}	$\frac{51\ 51\ 51\ 51\ 51}{51\ 51\ 51\ 51\ 51}$	1,000	2	1	2	1	1

Relația obținută se poate transforma dacă se consideră (7.49) și (7.50), de unde

$$\frac{n_p}{n_s} = \frac{\sin\gamma}{p_a} s_d z_s,$$

ceea ce conduce la

$$i_{CA} = 48 \frac{\sin\gamma}{p_a} s_d z_s.$$

Pentru filete cu k începuturi

$$i_{CA} = 48 \frac{\sin\gamma}{k p_a} s_d z_s.$$

Raportul de transmitere i_{CA} al cutiei de avansuri se calculează ținînd seamă de toate posibilitățile de cuplare ale celor cinci baladori $B_1 \ldots B_5$, fiecare avînd două poziții *1* și *2*.

Rezultă 32 de valori cuprinse în tabelul 7.10, cu indicații asupra modului de calcul.

Pentru reglare se cunosc: unghiul de pantă al filetului γ; pasul axial p_a (și numărul de începuturi k); avansul pe dinte

s_d și numărul de dinți ai frezei z_s. Înlocuind aceste date în (7.51) sau (7.52) se obține valoarea raportului de transmitere al cutiei de avansuri i_{CA}, după care alegîndu-se din tabelul 7.10 valoarea cea mai apropiată se realizează cuplările indicate pentru baladori.

4. Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic de filetare.

Rezolvare. Lanțul cinematic de filetare este închis între arborele piesei *XVIII* și șurubul conducător S_{c1}, cuplajul C_4 fiind închis. Ecuația lanțului de filetare este

$$p_a = 1 \text{ rot. piesă } \frac{108}{36}\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1}12{,}7,$$

de unde se obține formula de reglare

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = \frac{1}{3 \cdot 12{,}7} p_a .$$

Pentru filete cu k începuturi se face divizarea prin discul divizor *Dd*, formula de regalare fiind

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = \frac{1}{3 \cdot 12{,}7} k p_a .$$

5. Să se determine formula de reglare a turației piesei, n_p, la frezarea canalelor elicoidale cu pas mare.

Rezolvare. Mișcarea de rotație la piesă se transmite în același mod ca în problema nr. 3 pînă la mecanismul melc-roată melcată *3—36*, de unde prin cuplare C_3 în poziția *2*, C_2 fiind în poziția de liber, mișcarea se transmite prin arborele *XVI*, roțile elicoidale *10—25* arborele *XX*, roțile D_1—C_1; B_1—A_1 arborele *XIX*, roțile *36—108* arborele *XVIII* (cuplajul C_4 fiind închis). Ecuația acestui lanț este

$$n_p = n_s \frac{24}{91}\frac{91}{24}\frac{30}{30}\frac{36}{12}\frac{45}{54}\frac{47}{47}\frac{18}{18} \cdot i_{CA} \frac{28}{28}\frac{3}{36}\frac{10}{25}\frac{D_1}{C_1}\frac{B_1}{A_1}\frac{36}{108},$$

de unde

$$i_{CA} = 36 \frac{n_p}{n_s}\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} .$$

Considerînd (7.51) și (7.54) formula de reglare devine

$$i_{CA}=0,944881\, s_d z_s \sin\gamma.$$

6. Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic de rulare la prelucrarea arborilor canelați și a roților dințate cu freza melc.

Rezolvare. Prelucrarea arborilor canelați și a roților dințate prin metoda rulării necesită o sincronizare a turației frezei melc cu turația piesei, realizată prin relația (7.57).

Lanțul cinematic de rulare este închis între sculă și piesă astfel: freză melc arborele *III*, inversor *45—54* arborele *VII*, roțile de schimb *A—B*; *C—D* arborele *VIII* (roțile *47—47* sînt demontate), roțile *32—32* arborele tubular *XVII*, cuplajul C_2 în poziția *2*, mecanismul melc-roată melcată *4—40*-piesă. Ecuația lanțului cinematic de rulare este

$$n_p = n_s \frac{24}{91}\frac{91}{24}\frac{30}{30}\frac{36}{12}\frac{45}{54}\frac{A}{B}\frac{C}{D}\frac{32}{32}\frac{4}{40},$$

de unde, considerînd (7.57) și simplificînd, se obține

$$\frac{A}{B}\frac{C}{D}=4\frac{k}{z_p}.$$

7. Să se determine formula de reglate a vitezei de avans axial v_{sa} al suportului sculei la prelucrarea canalelor drepte.

Rezolvare. La prelucrarea canalelor drepte cu freza disc piesa nu se rotește, legătura fiind întreruptă prin cuplajele C_2 și C_4. Cuplajul C_3 în poziția *2* permite transmiterea mișcării de la cutia de avansuri direct la șurubul conducător. Ecuația lanțului cinematic este

$$v_{sa} = n_s \frac{24}{91}\frac{91}{24}\frac{30}{30}\frac{36}{12}\frac{45}{54}\frac{47}{47}\frac{18}{18} i_{CA} \frac{28}{28}\frac{3}{36}\frac{10}{25} 12,7,$$

de unde, considerînd $v_{sa} = s_d z_s n_s$ și făcînd simplificări, se obține

$$i_{CA}=0,944881\, s_d z_s.$$

8. Să se efectueze calculul vitezei de aşchiere v_a a frezei, fiind date: $n_s = 116$ rot/min şi $d_{es} = 80$ mm.

Rezolvare. Se aplică relaţia (1.3), astfel

$$v_a = \frac{3{,}14 \cdot 80 \cdot 116}{1\,000} = 29{,}1 \text{ [m/min]}.$$

9. Să se calculeze turaţia frezei, n_s, fiind cunoscute: v_a=40 m/min şi $d_{es} = 75$ mm.

Rezolvare. Din (1.3),

$$n_s = \frac{1\,000 \cdot 40}{3{,}14 \cdot 75} = 169{,}8 \text{ [rot/min]}.$$

Consultînd tebelul 7.9 se alege turaţia mai mică, cea mai apropiată, n_s=166,7 rot/min. Roţile angrenate în cutia de viteze sînt: $\frac{29}{43}$, B_1 în poziţia 1; $\frac{36}{36}$, B_2 în poziţia 1.

10. Să se calculeze viteza de avans a frezei la prelucrarea unui filet trapezoidal, fiind cunoscute: n_p=3,8 rot/min; d_{ep}=36 mm şi $p_a = 10$ mm.

Rezolvare. Se calculează unghiul de pantă al filetului cu (7.60)

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{10}{3{,}14\,(36 - 0{,}5 \cdot 10)} = \frac{10}{3{,}14 \cdot 31} = 0{,}102732.$$

Prin interpolare se obţine $\gamma = 5°51'54''$ şi sin $5°51'54'' =$ $= 0{,}102184$.

Viteza de avans se calculează cu (7.49)

$$v_{sE} = \frac{10}{0{,}102184} \cdot 3{,}8 = 371{,}8 \text{ [mm/min]}.$$

11. Să se calculeze avansul pe dinte s_d la frezarea unui filet, fiind date: v_a=21 m/min; d_{es} =120 mm; $z_s = 12$ şi v_{sE}= 92 mm/min.

Rezolvare. Se calculează turația frezei cu (1.3),

$$n_s = \frac{1\,000 \cdot 21}{3{,}14 \cdot 120} = 55{,}7 \text{ [rot/min]}.$$

După tabelul 7.9 turația cea mai apropiată este $n_s = 54{,}5$ rot/min.

Avansul pe dinte se calculează cu (7.50), $s_d = \frac{92}{12 \cdot 54{,}5} = 0{,}14$ mm/dinte.

12. Să se facă calculul de reglare a mașinii 561 pentru frezarea unui filet trapezoidal cu un început, avînd cunoscute : $p_a = 12$ mm ; $d_{ep} = 85$ mm (STAS 2114-66) ; $d_{es} = 95$ mm ; $s_d = 0{,}05$ mm/dinte ; $z_s = 10$ și $v_a = 25$ m/min.

Rezolvare. Turația frezei se calculează cu (1.3)

$$n_s = \frac{1\,000 \cdot 25}{3{,}14 \cdot 95} = 83{,}8 \text{ [rot/min]}.$$

Turația cea mai apropiată în tabelul 7.9 este 78,2 rot/min, pentru care roțile angrenate din cutia de viteze sînt : $\frac{29}{43}$, B_1 poziția *1* și $\frac{23}{49}$, B_2 poziția *2*.

Se recalculează viteza de așchiere cu (1.3),

$$v_a = \frac{3{,}14 \cdot 95 \cdot 78{,}2}{1\,000} = 23{,}3 \text{ [m/min]}.$$

Viteza de avans se calculează cu (7.50)

$$v_{sE} = 0{,}05 \cdot 10 \cdot 78{,}2 = 39{,}1 \text{ [mm/min]}.$$

Unghiul de pantă al filetului se determină cu (7.60)

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{12}{3{,}14\,(85 - 0{,}5 \cdot 12)} = \frac{12}{3{,}14 \cdot 79} = 0{,}048375.$$

Prin interpolare se obține $\gamma = 2°46'10''$ și $\sin 2°46'10'' = 0{,}048318$.

Freza se înclină după tangenta la elicea filetului cu $\gamma = 2°46'10''$.

Raportul de transmitere al cutiei de avansuri se calculează cu (7.52)

$$i_{CA} = 48 \frac{0{,}048318}{12} 0{,}05 \cdot 10 = 0{,}096.$$

Valoarea cea mai apropiată din tabelul 7.10 este $i_{CA_{15}} = 0{,}089$, roţile angrenate în cutia de avansuri fiind:

$$\frac{47}{55}\frac{51}{51}\frac{51}{51}\frac{51}{51}\frac{32}{70}\frac{33}{69}\frac{33}{69}.$$

Baladorii au următoarele poziţii: B_1 poziţia *1*, B_2 poziţia *1*, B_3 poziţia *2*, B_4 poziţia *1* şi B_5 poziţia *2*.

Roţile de schimb pentru lanţul cinematic de filetare se calculează cu (7.54)

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = \frac{1}{3 \cdot 12{,}7} 12 = \frac{3 \cdot 4}{3 \cdot 12{,}7} = \frac{40}{127}.$$

Setul de roţi de schimb al maşinii 561 este: 20; 25; 30; 35; 40; 45; 47; 48; 50; 50; 55; 56; 60; 70; 75; 80; 84; 90; 94; 95; 100; 105; 110; 114; 120; 124; 125 şi 127.

13. Să se calculeze roţile de schimb pentru lanţul de filetare la frezarea unui filet modul, avînd m=3 mm.

Rezolvare. Se aplică relaţia (7.54), considerînd $p_a = 3\pi$

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = \frac{1}{3 \cdot 12{,}7} 3\pi = \frac{\pi}{12{,}7},$$

de unde, înmulţind cu 2 atît numărătorul cît şi numitorul, se obţine

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = 2 \cdot \frac{\pi}{25{,}4}.$$

În tabelul 1.18 sînt indicate valorile aproximative ale raportului $\frac{\pi}{25{,}4}$, din care se alege valoarea cea mai convenabilă şi anume $\frac{\pi}{25{,}4} = \frac{47}{4 \cdot 95}$, cu o eroare de — 0,00000054.

Roțile de schimb sînt

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = 2 \cdot \frac{47}{4 \cdot 95} = \frac{1}{2}\frac{47}{95} = \frac{30}{60}\frac{47}{95}.$$

Se calculează modulul filetului cu (7.54) și se obține

$$m = \frac{30}{60}\frac{47}{95}\frac{3 \cdot 12{,}7}{3{,}14} = 3{,}000150 \text{ mm}.$$

Eroarea este $+0{,}15$ μ m. Dacă această eroare este admisă calculul este satisfăcător.

14. Să se calculeze roțile de schimb pentru lanțul de filetare la frezarea unui filet Whitworth cu 2 pași/țol.

Rezolvare. Se aplică relația (7.54) și rezultă:

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = \frac{12{,}7}{3 \cdot 12{,}7} = \frac{1}{3} = \frac{30}{90}\frac{50}{50}.$$

15. Să se calculeze roțile de schimb pentru lanțul cinematic de rulare la frezarea unui arbore canelat cu șase caneluri, folosind o freză melc cu un început.

Rezolvare. Se aplică relația (7.58), astfel:

$$\frac{A}{B}\frac{C}{D} = 4\frac{1}{6} = \frac{4}{6} = \frac{4}{3}\frac{1}{2} = \frac{60}{45}\frac{35}{70}.$$

7.2.2. Filetarea cu tarodul

Pentru filetarea cu tarodul a pieselor nerotitoare, în afara mașinilor de găurit, se folosesc mașini specializate de filetat printre care se numără și mașina FI 8, de construcție românească, a cărei schemă cinematică este reprezentată în figura 7.18.

7.2.2.1. Notații folosite

S_c este șurubul conducător (fig. 7.18);
n_{sc} — turația șurubului conducător, rot/min;
P — piulița rotitoare (fig. 7.18);

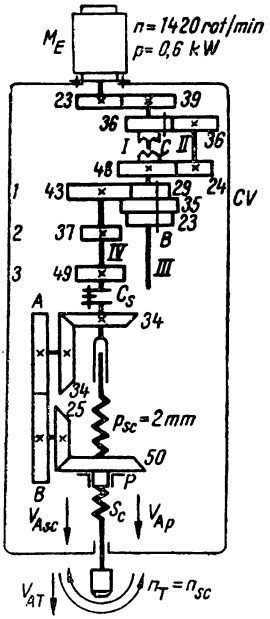


Fig. 7.18. Schema cinematică a maşinii de filetat cu tarodul FI 8

n_p este turaţia piuliţei, rot/min;

p_{sc} — pasul şurubului conducător, mm;

n_T — turaţia tarodului, rot/min;

p_T — pasul tarodului, mm;

v_a — viteza de aşchiere, m/min;

D — diametrul tarodului, mm;

v_{Ap} — viteza axială a piuliţei, mm/min;

v_{Asc} — viteza axială a şurubului conducător, mm/min;

v_{AT} — viteza axială a tarodului, mm/min;

A, B — roţi de schimb pentru lanţul de filetare.

7.2.2.2. Formule de calcul

$$v_{AT} = n_T p_T \text{ [mm/min]}; \quad (7.61)$$

$$v_{Asc} = n_{sc} p_{sc} \text{ [mm/min]}; \quad (7.62)$$

$$v_{Ap} = n_p p_{sc} \text{ [mm/min]}; \quad (7.63)$$

$$v_{AT} = \pm (v_{Asc} - v_{Ap}) \quad \text{[mm/min]} \quad (7.64)$$

$$\frac{A}{B} = 2 - p_T; \quad (7.65)$$

$$\frac{A}{B} = 2 + p_T. \quad (7.66)$$

7.2.2.3. Probleme rezolvate

1. Să se calculeze turaţiile posibile ale tarodului asigurate de cutia de viteze *CV*.

Rezolvare. Se scriu ecuaţiile lanţului cinematic principal, ţinînd seama de cele trei poziţii ale baladorului *B* şi de pozi-

ţia cuplajului C al mecanismului cu roată intermediară (cuplat sau decuplat):

$$n_1 = 1\,420 \frac{23}{39}\frac{36}{36}\frac{24}{48}\frac{23}{49} \approx 200 \text{ [rot/min]};$$

$$n_2 = 1\,420 \frac{23}{39}\frac{36}{36}\frac{24}{48}\frac{29}{43} \approx 280 \text{ [rot/min]};$$

$$n_3 = 1\,420 \frac{23}{39}\frac{36}{36}\frac{24}{48}\frac{35}{37} \approx 400 \text{ [rot/min]};$$

$$n_4 = 1\,420 \frac{23}{39}\frac{23}{49} \approx 400 \text{ [rot/min]};$$

$$n_5 = 1\,420 \frac{23}{39}\frac{29}{43} \approx 560 \text{ [rot/min]};$$

$$n_6 = 1\,420 \frac{23}{39}\frac{35}{37} \approx 800 \text{ [rot/min]}.$$

Tabelul 7.11

Turaţiile maşinii FI 8

Roţile cuplate ale baladorului B	Poziţia cuplajului C	Poziţia baladorului B	Turaţia, rot/min
$\frac{23}{49}$	decuplat	3	200
$\frac{29}{43}$		1	280
$\frac{35}{37}$		2	400
$\frac{23}{49}$	cuplat	3	400
$\frac{29}{43}$		1	560
$\frac{35}{37}$		2	800

Rezultă cinci turații distincte ($n_3 \approx n_4$) prezentate în tabelul 7.11. Indicații pentru alegerea vitezei de așchiere în funcție de materialul de prelucrat și pentru alegerea turației în funcție de viteza de așchiere v_a și de diametrul tarodului D sînt prezentate în figura 7.19.

2. Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic de filetare.

Rezolvare. Viteza axială a tarodului se exprimă prin relația (7.64), în care v_{Asc} este viteza axială a șurubului conducător în cazul în care piulița P nu s-ar roti, iar v_{AP} este viteza axială a piuliței, considerînd că șurubul conducător nu se rotește. Semnul plus din fața parantezei corespunde filetării normale, pe dreapta, iar semnul minus filetării pe stînga.

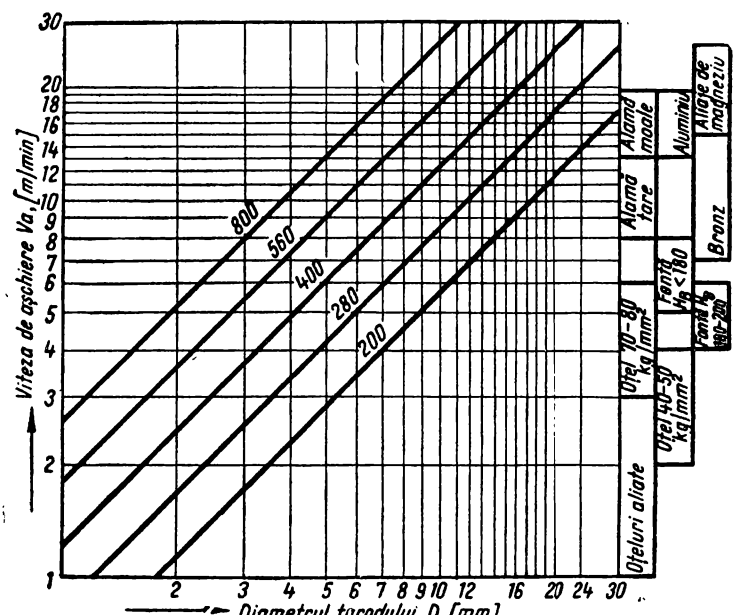


Fig. 7.19. Graficul turațiilor la mașina FI 8

Substituind (7.61), (7.62) și (7.63) în (7.64) și ținînd seamă că $n_T = n_{sc}$, se obține

$$n_{sc}\, p_T = \pm\, (n_{sc}\, p_{sc} - n_p\, p_{sc}),$$

de unde, considerînd succesiv semnul plus sau minus, desfă cînd paranteza și împărțind ambii membri cu $n_{sc}\, p_{sc}$, se obțin relațiile:

$$\frac{n_p}{n_{sc}} = 1 - \frac{p_T}{p_{sc}} \quad \text{pentru filetare pe dreapta și}$$

$$\frac{n_p}{n_{sc}} = 1 + \frac{p_T}{p_{sc}} \quad \text{pentru filetare pe stînga,}$$

care pot fi exprimate prin

$$\frac{n_p}{n_{sc}} = 1 \mp \frac{p_T}{p_{sc}}.$$

Se scrie ecuația lanțului cinematic de filetare

$$n_p = n_{sc} \frac{34}{34} \frac{A}{B} \frac{25}{50},$$

de unde, simplificînd și înlocuind turațiile din relația precedentă, se obține

$$\frac{A}{B} = 2 \frac{n_p}{n_{sc}} = 2 \left(1 \mp \frac{p_T}{2} \right) = 2 \mp p_T,$$

sau

$$\frac{A}{B} = 2 - p_T \quad \text{pentru filetare pe dreapta, și}$$

$$\frac{A}{B} = 2 + p_T \quad \text{pentru filetare pe stînga.}$$

3. Să se facă calculul de reglare a lanțului cinematic de filetare pentru un filet pe dreapta cu $p_T = 1{,}25$ mm.

Rezolvare. Se aplică relaţia (7.65)

$$\frac{A}{B} = 2—1{,}25 = 0{,}75 = \frac{75}{100} = \frac{3}{4},$$

de unde prin amplificare cu 13 se obţine

$$\frac{A}{B} = \frac{3 \cdot 13}{4 \cdot 13} = \frac{39}{52}.$$

Setul de roţi de schimb este: 18; 21; 22; 24; 26; 27; 30; 34; 36; 39; 40; 41; 45; 45; 49; 50; 51; 52; 54; 56; 60; 63; 65; 65; 66; 67; 68 şi 72. Roţile se montează numai cîte două, distanţa între axe fiind fixă, iar $A+B=90$ de dinţi.

Cu ajutorul unor roţi deplasate se pot obţine şi următoarele sume: $A+B=88$; $A+B=89$ şi $A+B=91$. În tabelul 7.12 sînt date roţile de schimb pentru filetările mai frecvente, iar în tabelul 7.13 regimurile de aşchiere pentru filetare.

4. Să se facă calculul de reglare a lanţului cinematic de filetare pentru un filet pe stînga cu $p_T=0{,}75$ mm.

Tabelul 7.12

Roţile de schimb la prelucrarea unor filete pe maşina FI 8

Pasul, mm	Filet dreapta		Filet stînga	
	A	*B*	*A*	*B*
0,35	56	34	63	27
0,50	54	36	65	26*
0,70	51	39	65*	24
0,75	50	40	66	24
0,80	49	41	67*	24
1,00	45	45	66	22*
1,25	39	52*	68	21*
1,50	60	30	—	—
1,75	18	72	—	—

N o t ă: Roţile notate cu * sînt deplasate.

Tabelul 7.13

Regimuri de aşchiere la filetare pe maşina FI 8

Filetul	Pasul, mm	OL 60		FC 21		Alamă tare		Metal uşor	
		n	*M*	*n*	*M*	*n*	*M*	*n*	*M*
M 3	0,5	280	10	400	5	800	5	800	5
M 4	0,70	280	20	400	10	800	8	800	8
M 5	0,80	280	40	280	20	560	10	800	10
M 6	1,00	200	50	280	35	560	20	800	20
M 8	1,25	200	100	200	60	400	40	560	30
M 10	1,50	—	—	—	—	400	75	560	50
M 12	1,75	—	—	—	—	280	110	560	80
M 10×1	1,00	200	110	20	65	400	45	560	30
M 12×1,5	1,50	—	—	—	—	400	90	560	65

Rezolvare. Se aplică relaţia (7.66) şi se obţine:

$$\frac{A}{B} = 2 + 0{,}75 = 2{,}75 = \frac{275}{100} = \frac{5^2 \cdot 11}{5^2 \cdot 4} = \frac{11}{4}.$$

Se amplifică cu 6 fracţia 11/4, obţinîndu-se numerele de dinţi pentru roţile A şi B astfel:

$$\frac{A}{B} = \frac{11 \cdot 6}{4 \cdot 6} = \frac{66}{24}.$$

Alegerea numărului cu care se amplifică fracţia se face ţinînd seamă că $A + B = 90$ (sau 88, 89 şi 91 pentru roţi deplasate).

7.3. MAŞINI-UNELTE DE DETALONAT

În acest paragraf vor fi prezentate probleme de reglare a strungului de detalonat K96—Krasnîi proletari (de construcţie sovietică), a cărui schemă cinematică este prezentată în figura 7.20.

7.3.1. Notaţii folosite

n_p este turaţia piesei, rot/min;
n_k — turaţia camei, rot/min;
n_{sk} — turaţia suplimentară a camei, rot/min;

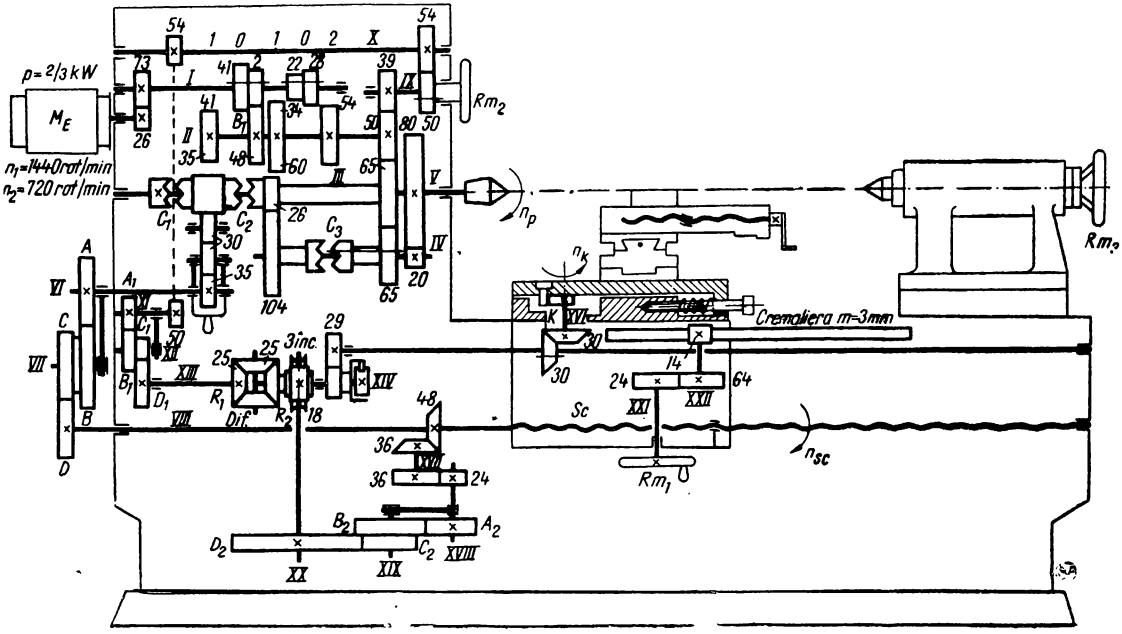


Fig. 7.20. Schema cinematică a strungului de detalonat K96

p_{sc} este pasul șurubului conducător, mm;
n_{sc} — turația șurubului conducător, rot/min;
z_p — numărul de dinți ai piesei;
z_k — numărul de proeminențe ale camei;
p_a — pasul axial al filetului piesei, mm;
p_E — pasul elicei canalelor, mm;
A, B, C, D — roți de schimb pentru lanțul de filetare;
A_1, B_1, C_1, D_1 — roți de schimb pentru lanțul de detalonare;
A_2, B_2, C_2, D_2 — roți de schimb pentru lanțul diferențialului.

7.3.2. Formule de calcul

$$\frac{n_k}{n_p} = \frac{z_p}{z_k}; \tag{7.67}$$

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = \frac{3}{10}\frac{z_p}{z_k}; \tag{7.68}$$

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = \frac{3}{40}\frac{z_p}{z_k}; \tag{7.69}$$

$$\frac{n_{sc}}{n_p} = \frac{p_a}{p_{sc}}; \tag{7.70}$$

$$\frac{A}{B}\frac{C}{D} = \frac{1}{12{,}7}p_a; \tag{7.71}$$

$$\frac{A}{B}\frac{C}{D} = \frac{1}{4\cdot 12{,}7}p_a; \tag{7.72}$$

$$\frac{A}{B}\frac{C}{D} = \frac{1}{16\cdot 12{,}7}p_a; \tag{7.73}$$

$$n_{sk} = \pm\frac{p_a}{p_E}\frac{n_p z_p}{z_k}\ [\text{rot/min}] \tag{7.74}$$

$$\frac{n_{sk}}{n_p} = \frac{p_a}{p_E}\frac{z_p}{z_k}; \tag{7.75}$$

$$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2} = \pm 6 \cdot 12{,}7 \frac{z_p}{p_E z_k} \cdot \tag{7.76}$$

7.3.3. Probleme rezolvate

1. Să se calculeze turațiile posibile ale piesei, asigurate de cutia de viteze *CV*.

Rezolvare. Se scriu ecuațiile lanțului cinematic de la motorul electric M_E la arborele principal *V*, ținînd seamă de pozițiile baladorilor B_1 și B_2, de cele două turații ale motorului electric și de poziția cuplajului C_3 (cuplat sau decuplat):

$$n_1 = 720\frac{26}{73}\frac{22}{60}\frac{50}{65}\frac{26}{104}\frac{20}{80} = 4{,}5 \text{ [rot/min]};$$

$$n_2 = 720\frac{26}{73}\frac{28}{54}\frac{50}{65}\frac{26}{104}\frac{20}{80} = 6{,}4 \text{ [rot/min]};$$

$$n_3 = 720\frac{26}{73}\frac{34}{48}\frac{50}{65}\frac{26}{104}\frac{20}{80} = 8{,}7 \text{ [rot/min]};$$

$$n_4 = 720\frac{26}{73}\frac{41}{41}\frac{50}{65}\frac{26}{104}\frac{20}{80} = 12{,}3 \text{ [rot/min]};$$

$$n_5 = 720\frac{26}{73}\frac{22}{60}\frac{50}{65}\frac{65}{65}\frac{20}{80} = 18 \text{ [rot/min]};$$

$$n_6 = 720\frac{26}{73}\frac{28}{54}\frac{50}{65}\frac{65}{65}\frac{20}{80} = 25{,}5 \text{ [rot/min]};$$

$$n_7 = 720\frac{26}{73}\frac{34}{48}\frac{50}{65}\frac{65}{65}\frac{20}{80} = 35 \text{ [rot/min]};$$

$$n_8 = 720\frac{26}{73}\frac{41}{41}\frac{50}{65}\frac{65}{65}\frac{20}{80} = 49{,}5 \text{ [rot/min]};$$

$$n_9 = 1\,440\,\frac{26}{73}\frac{34}{48}\frac{50}{65}\frac{65}{65}\frac{20}{80} = 70 \text{ [rot/min]};$$

$$n_{10} = 1\,440\,\frac{26}{73}\frac{41}{41}\frac{50}{65}\frac{65}{65}\frac{20}{80} = 100 \text{ [rot/min]}.$$

Rezultă zece turații distincte de la 4,5 la 100 rot/min și șase turații suprapuse, confundate cu $n_3 \ldots n_8$. Pozițiile baladorilor B_1 și B_2, poziția suplajului C_3, turațiile motorului electric, și valorile turațiilor sînt trecute în tabelul 7.14.

2, Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic de detalonare.

Rezolvare. Lanțul cinematic de detalonare este închis între piesă (arborele V) și cama K, condiția de închidere fiind relația (7.67). Raportul de transmitere al diferențialului Dif, de la arborele $XIII$ la arborele XIV, este $i_{Dif} = \frac{1}{2}$.

Ecuația lanțului cinematic se poate scrie în două variante, rezultînd două valori pentru constanta lanțului.

Prima variantă (cuplajul C_3 decuplat) este:

$$n_k = n_p = \frac{80}{20}\frac{65}{65}\frac{65}{50}\frac{50}{39}\frac{50}{54}\frac{54}{50}\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1}\frac{1}{2}\frac{29}{29}\frac{30}{30},$$

de unde, simplificînd și ținînd seamă de (7.67), se obține formula

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = \frac{3}{10}\frac{z_p}{z_k}.$$

A doua variantă (cuplajul C_3 cuplat) este:

$$n_k = n_p\,\frac{80}{20}\frac{104}{26}\frac{65}{50}\frac{50}{39}\frac{50}{54}\frac{54}{50}\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1}\frac{1}{2}\frac{29}{29}\frac{30}{30},$$

de unde, procedînd ca mai sus, se obține

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = \frac{3}{40}\frac{z_p}{z_k}.$$

3. Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic de filetare.

Tabelul 7.14

Turaţiile strungului de detalonat K 96

Turaţia motorului electric, rot/min	Roţile cuplate în *CV*	Poziţia cuplajului C_3	Poziţiile baladorilor		Valorile turaţiilor, rot/min
			B_1	B_2	
720	$\frac{22}{60}$	cuplat	0	1	4,5
720	$\frac{28}{54}$		0	2	6,4
720	$\frac{34}{48}$		2	0	8,7
720	$\frac{41}{41}$		1	0	12,3
720	$\frac{22}{60}$	decuplat	0	1	18,0
720	$\frac{28}{54}$		0	2	25,5
720	$\frac{34}{48}$		2	0	35,0
720	$\frac{41}{41}$		1	0	49,5
1 440	$\frac{34}{48}$		2	0	70,0
1 440	$\frac{41}{41}$		1	0	100,0

Rezolvare. Lanțul cinematic de filetare asigură detalonarea pieselor filetate, cuțitul efectuînd detalonarea după elicea filetului piesei. Acest lanț cinematic este închis între arborele V și șurubul conducător Sc, condiția de închidere fiind relația (7.70). Ecuația lanțului se scrie în trei variante funcție de poziția cuplajelor C_1, C_2 și C_3 și anume:

a. C_1 cuplat $\quad n_{sc} = n_p \frac{35}{30}\frac{30}{35}\frac{A}{B}\frac{C}{D}$;

b. C_2 cuplat, C_3 decuplat $\quad n_{sc} = n_p \frac{80}{20}\frac{65}{65}\frac{35}{30}\frac{30}{35}\frac{A}{B}\frac{C}{D}$;

c. C_2 cuplat C_3 cuplat $\quad n_{sc} = n_p \frac{80}{20}\frac{104}{26}\frac{35}{30}\frac{30}{35}\frac{A}{B}\frac{C}{D}$;

de unde, ținînd seamă de (7.70) și simplificînd, se obțin următoarele formule de reglare:

$$\frac{A}{B}\frac{C}{D} = \frac{1}{12{,}7}p_a; \quad \frac{A}{B}\frac{C}{D} = \frac{1}{4\cdot 12{,}7}p_a \quad \text{și} \quad \frac{A}{B}\frac{C}{D} = \frac{1}{16\cdot 12{,}7}p_a.$$

4. Să se determine formula de reglare a lanțului cinematic pentru mișcarea suplimentară a camei.

Rezolvare. Mișcarea suplimentară a camei este necesară la detalonarea pieselor filetate, de tipul frezelor melc și a tarozilor, ale căror filete sînt intersectate de canale elicoidale C_E (fig. 7.21). Tăișurile dinților, de unde începe detalonarea, se găsesc pe una din laturile canalelor elicoidale. Pentru a se efectua detalonarea, cuțitul are o mișcare de du-te-vino, în direcția radială a piesei, după săgeata MD (fig. 7.21) și o mișcare rectilinie, paralelă cu axa piesei, după săgeata v_A. După o rotație a piesei cuțitul trebuie să parcurgă linia AB (fig. 7.21). Întrucît direcția de deplasare a cuțitului este paralelă cu axa piesei după o rotație a acesteia cuțitul parcurge linia AC. Neajunsul este înlăturat prin modificarea turației camei cu ajutorul lanțului

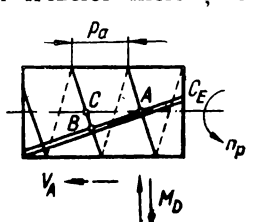


Fig. 7.21. Mișcările necesare la detalonarea frezei melc

cinematic al mișcării suplimentare a camei. Mișcarea suplimentară a camei este însumată algebric, prin diferențialul *Dif* (fig. 7.20), cu mișcarea inițială de rotație. Relația (7.74), demonstrată în [6], exprimă această turație suplimentară. Semnul plus corespunde măririi turației camei și se ia în cazul elicei pe stînga a canalelor, iar semnul minus corespunde unei micșorări a turației camei și se ia în cazul elicei pe dreapta a canalelor.

Lanțul cinematic pentru mișcarea suplimentară a camei, numit și lanțul diferențialului, este închis între șurubul conducător *Sc* și cama *K*, condiția de închidere fiind relația (7.75). Raportul de transmitere al diferențialului *Dif*, de la arborele *XX* la arborele *XIV* este $i''_{Dif}=\frac{1}{2}$. Ecuația lanțului cinematic este

$$n_{sk}=n_{sc}\,\frac{48}{36}\,\frac{36}{24}\,\frac{A_2}{B_2}\,\frac{C_2}{D_2}\,\frac{3}{18}\,\frac{1}{2}\,\frac{29}{29}\,\frac{30}{30},$$

de unde, considerînd relația (7.74), substituind n_{sc} din (7.70) și simplificînd, se obține

$$\frac{A_2}{B_2}\,\frac{C_2}{D_2}=6\cdot 12{,}7\,\frac{z_p}{p_E\,z_k}.$$

5. Să se efectueze calculul de reglare a lanțului cinematic de detalonare la prelucrarea unei freze disc, fiind date $z_p=12$ și $z_k=1$.

Rezolvare. Se aplică relația (7.68)

$$\frac{A_1}{B_1}\,\frac{C_1}{D_1}=\frac{3}{10}\,\frac{12}{1}=\frac{3}{1}\,\frac{6}{5},$$

de unde, amplificînd prima fracție cu 30 și a doua cu 10, se obține

$$\frac{A_1}{B_1}\,\frac{C_1}{D_1}=\frac{3\cdot 30}{1\cdot 30}\,\frac{6\cdot 10}{5\cdot 10}=\frac{90}{30}\,\frac{60}{50}.$$

Setul de roți de schimb atît pentru lanțul cinematic de detalonare cît și pentru lanțul cinematic de filetare este: 20; 22; 24; 25; 25; 30; 35; 36; 40; 40; 40; 40; 45;

45; 45; 50; 50; 55; 55; 60; 60; 60; 60; 65; 68; 70; 72;72; 75; 75; 75; 80; 80; 85; 90; 95; 96; 98; 99; 100; 100; 100; 100; 105; 108; 125; 127; 128; 132; 132; 135 și 144.

6. Să se efectueze calculul de reglare a lanțului cinematic de filetare la detalonarea unui tarod cu $p_a = 1$ mm.

Rezolvare. Se aplică relația (7.71)

$$\frac{A}{B}\frac{C}{D} = \frac{1}{12{,}7},$$

de unde, amplificînd fracția cu 600, se obține

$$\frac{A}{B}\frac{C}{D}\frac{600}{12{,}7 \cdot 600} = \frac{20}{60}\frac{30}{127}.$$

Relațiile (7.72) și (7.73) au aplicație la valori mai mari ale pașilor filetelor de detalonat.

7. Să se efectueze calculul de reglare a lanțului cinematic de filetare la detalonarea unei freze melc cu $p_a = 36$ mm.

Rezolvare. Se aplică relația (7.72)

$$\frac{A}{B}\frac{C}{D} = \frac{1}{4 \cdot 12{,}7} \cdot 36 = \frac{36}{4 \cdot 12{,}7} = \frac{2^2 \cdot 3^2}{2^2 \cdot 12{,}7} = \frac{9}{12{,}7},$$

de unde, amplificînd cu 500, se obține

$$\frac{A}{B}\frac{C}{D} = \frac{9 \cdot 500}{12{,}7 \cdot 500} = \frac{90}{127}\frac{50}{50} = \frac{90}{50}\frac{50}{127}.$$

8. Să se efectueze calculul de reglare a strungului de detalonat K96 pentru prelucrarea unei freze melc, fiind cunoscute; $z_p = 14$ dinți; $z_k = 1$ proeminență; $p_a = 28$ mm; $p_E = 1\,270$ mm și sensul stînga al elicei canalelor.

Rezolvare. Cu (7.68) se calculează roţile de schimb pentru lanţul cinematic de detalonare

$$\frac{A_1}{B_1}\frac{C_1}{D_1} = \frac{3}{10}\frac{14}{1} = \frac{7}{2}\frac{6}{5} = \frac{70}{20}\frac{60}{50}.$$

Pentru reglarea lanţului de filetare se consideră relaţia (7.72) deoarece aceasta rezultă, ca şi (7.68), cu C_3 decuplat, adică

$$\frac{A}{B}\frac{C}{D} = \frac{1}{4\cdot 12{,}7}\cdot 28 = \frac{2^2\cdot 7}{2^2\cdot 12{,}7} = \frac{70}{127}\frac{50}{50} = \frac{70}{50}\frac{50}{127}.$$

Cu (7.76) se calculează roţile de schimb pentru lanţul diferenţialului, formula fiind luată cu semnul plus, ceea ce înseamnă că roţile de schimb se montează cu intermediare, în aşa fel încît roţile R_1 şi R_2 ale diferenţialului să se rotească în acelaşi sens.

Efectuînd calculele se obţine:

$$\frac{A_2}{B_2}\frac{C_2}{D_2} = +6\cdot 12{,}7\,\frac{14}{1\,270} = +\frac{6\cdot 14}{100} = +\frac{21}{25} = +\frac{21\cdot 3}{25\cdot 3}\frac{35}{35} = \frac{63}{35}\frac{35}{75}.$$

Setul de roţi de schimb pentru lanţul cinematic al diferenţialului este: 28; 30; 32; 35; 35; 38; 40; 45; 63; 64; 75; 78; 80; 84; 90; 100; 105 şi 112.

BIBLIOGRAFIE

1. *Alder, O. R.*, **Angrenaje, vol. I şi II**, Editura tehnică, Bucureşti, 1968.
2. *Barbu, V.*, **Calculele strungarului**, Editura tehnică, Bucureşti, 1959.
3. *Biber, Gh.*, **Strungul Iosif Rangheţ S3**, Editura tehnică, Bucureşti, 1961.
4. *Biber, Gh.*, **Manualul strungarului**, Editura tehnică, Bucureşti, 1967.
5. *Botez, E.*, **Maşini-unelte, vol. I**, Editura tehnică, Bucureşti, 1969.
6. *Botez, E.*, **Cinematica maşinilor-unelte**, Editura tehnică, Bucureşti, 1961.
7. *Botez, E.*, **Angrenaje**, Editura tehnică, Bucureşti, 1962.
8. *Botez, E.*, **Capete divizoare**, Editura tehnică, Bucureşti, 1959.
9. *Buzatu, V.* şi *Zenovei, C.*, **Tabele pentru ateliere mecanice**, Editura tehnică, Bucureşti, 1970.
10. *Buzatu, V., Caisân, V.*, **Îndrumător pentru ridicarea calificării frezorilor**, Editura tehnică, Bucureşti, 1968.
11. *Constantinescu, N.*, **Filetarea pe strung**, Editura tehnică, Bucureşti, 1962.
12. *Cozin, H.*, **Reglarea maşinilor de frezat roţi dinţate**, Editura tehnică, Bucureşti, 1957.
13. *Corban, C.*, şi *Andrieş, P.*, **Broşarea**, Editura tehnică, Bucureşti, 1962.
14. *Creţu, M.* şi *Simion, A.*, **Maşini de frezat fabricate în R.S.R.**, Editura tehnică, Bucureşti, 1964.
15. *Duca, Z.*, **Teoria aşchierii**, partea I-a litografia Ministerului Învăţământului, Bucureşti, 1956.
16. *Duca, Z.*, **Găurirea**, Editura tehnică, Bucureşti, 1962.
17. *Demetrescu, G.*, **Cartea rabotorului**, Editura tehnică, Bucureşti, 1961.
18. *Dogărescu, St.*, **Strunguri carusel fabricate în R.S.R.**, I.D.T., Bucureşti, 1967.

19. *Enache, St.*, **Tehnologia ascuțirii sculelor aşchietoare,** Editura tehnică, Bucureşti, 1963.
20. *Enache, St.* şi *Oprean, A.* **Ascuțirea sculelor aşchietoare.** Editura tehnică, Bucureşti, 1959.
21. *Enache, St.* şi *Aelenei, M.*, **Aşchierea şi scule aşchietoare,** Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1967.
22. *Georgescu, G.*, **Cartea rectificatorului,** Editura tehnică, Bucureşti, 1969.
23. *Georgescu, G.*, **Îndrumător pentru ateliere mecanice,** Editura tehnică, Bucureşti, 1961.
24. *Georgescu, G.* şi *Vasiliu, St.*, **Cartea frezorului,** Editura tehnică, Bucureşti, 1959.
25. *Gerbert, Fr.*, **Îndrumător pentru ridicarea calificării strungarului,** Editura tehnică, Bucureşti, 1965.
26. *Loktev, D. A.*, **Sbornic zadaci po nastroiki metallorejuşcih stankov,** Maşghiz, Moscova, 1960.
27. *Nefedov, N. A.*, **Sbornic zadaci i primerov po rezaniiu metallov i rejuşcemu instrumentu,** Maşinostroenie, Moscova 1962.
28. *Profchin, N. F.* **Proteaghivanie proteajemi iz tverdîh splavov,** Maşinostroenie, Moscova 1966.
29. *Rudenco, S. I.*, **Metallorejuşcie stanki, sbornic zadaci i laboratornîh rabot,** Maşghiz, Moscova-Kiev, 1961.
30. *Săndulescu, I.*, **Frezarea filetelor,** Editura tehnică, Bucureşti, 1963.
31. *Trofimov, A. N.*, **Alibom schem metallorejuşcih stancov,** Maşghiz, Moscova 1962.
32. *Vaclav, Klepal.*, **40 000 rapoarte transmitere,** Editura tehnică, Bucureşti, 1964, traducere din limba cehă.
33. *Vaida, Al., Aelenei, M, ş. a.*, **Maşini-unelte,** Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1970.
34. *Vrțeli, P.* şi *Winter, G.*, **Strunguri revolver.** Editura tehnică, Bucureşti, 1963.
35. *Vlad, Al.* şi *Grigorescu, H.*, **Reglarea strungurilor automate,** Editura tehnică, Bucureşti, 1965.
36. *Savliuga, N. I.* **Lanțurile cinematice ale maşinilor-unelte,** Editura tehnică, Bucureşti, 1954, traducere din limba rusă.
37. *Zamfir, M.*, **Maşini de găurit fabricate în R.S.R.,** Editura tehnică, Bucureşti, 1964.
38. *Ministerul Învățămîntului,* **Culegere de probleme pentru maşini-unelte,** Editura tehnică, Bucureşti, 1954.
39. * * * **Scule aşchietoare** (Standarde şi comentarii)
40. Spravocinic tehnologa maşinostroitelea, Maşghiz, Moscova 1963.

CUPRINSUL

Prefață 3

1. Strunguri 5

1.1. Strunguri normale 5
1.1.1. Notații folosite 5
1.1.2. Formule de calcul 8
1.1.3. Probleme rezolvate 9
1.1.3.1. Calculul regimului și al forțelor de așchiere .. 9
1.1.3.2. Filetarea pe strung fără cutie de avansuri și filete..... 15
1.1.3.3. Prelucrări pe strung cu cutie de avansuri și filete 20

1.2. Strunguri revolver 30
1.2.1. Notații folosite 31
1.2.2. Formule de calcul 32
1.2.3. Probleme rezolvate 32
1.2.3.1. Calculul regimului și al forțelor de așchiere 32
1.2.3.2. Cinematica strungurilor revolver SRO 25 .. 35

1.3. Strunguri carusel 36
1.3.1. Notații folosite 38
1.3.2. Formule de calcul 38
1.3.3. Probleme rezolvate 38

1.4. Strunguri automate 43
1.4.1. Notații folosite 43
1,4,2. Formule de calcul 44
1.4.3. Probleme rezolvate 45
1.4.3.1. Reglarea strungurilor automate..... 45

2. Mașini de frezat 81

2.1. Notații folosite 81
2.2. Formule de calcul 83
2.3. Probleme rezolvate 84
2.3.1. Calculul regimurilor și al forțelor de așchiere 84
2.3.2. Calcule de divizare 91
2.3.3. Calcule de reglare la frezare 98

3. **Maşini de găurit şi alezat** 103
3.1. Maşini de găurit 103
3.1.1. Notaţii folosite 103
3.1.2. Formule de calcul 104
3.1.3. Probleme rezolvate 104
3.1.3.1. Calculul regimului, al momentului şi al forţei de aşchiere 104
3.1.3.2. Cinematica maşinilor de găurit 109
3.2. Maşini de alezat şi frezat 111
3.2.1. Notaţii folosite 113
3.2.2. Formule de calcul 113
3.2.3. Probleme rezolvate 113

4. **Maşini de rabotat şi mortezat** 118
4.1. Notaţii folosite 118
4.2. Formule de calcul 119
4.3. Probleme rezolvate 119
4.3.1. Rabotarea 119
4.3.2. Cinematica maşinilor de rabotat şi mortezat 128

5. **Maşini de broşat** 133
5.1. Notaţii folosite 133
5.2. Formule de calcul 134
5.3. Probleme rezolvate 134
5.3.1. Calculul vitezei şi al forţei de aşchiere 134
5.3.2. Calculul parametrilor de funcţionare ai maşinilor de broşat 139

6. **Maşini de rectificat** 139
6.1. Notaţii folosite 139
6.2. Formule de calcul 140
6.3. Probleme rezolvate 142
6.3.1. Rectificarea cilindrică şi plană 142
6.3.2. Ascuţirea sculelor 145

7. **Maşini-unelte specializate** 160
7.1. Maşini-unelte de danturat 160
7.1.1. Danturarea roţilor cilindrice prin frezare cu freza melc 160
7.1.1.1. Notaţii folosite 160
7.1.1.2. Formule de calcul 162
7.1.1.3. Probleme rezolvate 163
7.1.2. Danturarea roţilor cilindrice prin mortezarea cu cuţit roată 184
7.1.2.1. Notaţii folosite 184
7.1.2.2. Formule de calcul 184
7.1.2.3. Probleme rezolvate 196
7.1.3. Danturarea roţilor cilindrice prin mortezarea cu cuţit pieptene 196
7.1.3.1. Notaţii folosite 196
7.1.3.2. Formule de calcul 198
7.1.3.3. Probleme rezolvate 199

7.1.4. Danturarea prin rabotare, cu două cuțite, a roților conice cu dinți drepți și înclinați 205
7.1.4.1. Notații folosite 205
7.1.4.2. Formule de calcul 208
7.1.4.3. Probleme rezolvate 210
7.2. Mașini-unelte de filetat 218
7.2.1. Filetarea prin frezare a filetelor lungi 218
7.2.1.1. Notații folosite 218
7.2.1.2. Formule de calcul 218
7.2.1.3. Probleme rezolvate 220
7.2.2. Filetarea cu tarodul 231
7.2.2.1. Notații folosite 231
7.2.2.2. Formule de calcul 232
7.2.2.3. Probleme rezolvate 232
7.3. **Mașini-unelte de detalonat** 237
7.3.1. Notații folosite 237
7.3.2. Formule de calcul 239
7.3.3. Probleme rezolvate 240
Bibliografie 247

ÎN „COLECȚIA DE ATELIER" AU APĂRUT :

1. *Eliezer, S.*
CUȚITE CU PLĂCUȚE DIN CARBURI METALICE
130 pagini — 3,30 lei

2. * * *
DE CE SE UZEAZĂ MAȘINILE
88 pagini — 2,25 lei

3. *Constantin, N.*
FILETAREA LA STRUNG
120 pagini — 2,60 lei

4. *Lakedemonski, A. V. și Hreapin, V. E.*
LIPIREA ȘI ALIAJE DE LIPIT
152 pagini — 3,85 lei

5. *Duca, Z.*
GĂURIREA
228 pagini — 6,20 lei

6. *Cușută, Șt. și Ghiocel, V.*
COPIEREA PE MAȘINI-UNELTE
136 pagini — 3,95 lei

7. *Moga, Al.*
INSTRUMENTE ȘI APARATE DE MĂSURARE
184 pagini — 5,20 lei

8. *Mazilu, M.*
DESEN TEHNIC INDUSTRIAL PENTRU MUNCITORI
160 pagini — 4,90 lei

9. *Săndulescu, I.*
FREZAREA FILETELOR
94 pagini — 2,60 lei

10. *Andrieș P. ș.a.*
BROȘAREA
136 pagini — 4,25 lei

11. *Enache, Șt.*
TEHNOLOGIA ASCUȚIRII SCULELOR AȘCHIETOARE
216 pagini — 6 lei

12. *Sturzu, A.* ș.a.
DEBITAREA METALELOR
160 pagini — 4,75 lei

13. *Zarea, Şt.*
MATEMATICA PENTRU MUNCITORI
252 pagini — 6 lei

14. *Eliezer, S.*
ELEMENTE NORMALIZATE PENTRU FIXAREA PIESELOR PE MAŞINI-UNELTE
138 pagini — 4 lei

15. *Rabinovici, I.*
TOLERANŢE ŞI APUSTAJE
244 pagini — 6,50 lei

16. *Zamfir, Gh.*
MAŞINI DE GĂURIT FABRICATE IN R.S.R.
146 pagini — 4,75 lei

17. *Simion, Al.* şi *Creţu, M.*
MAŞINI DE FREZAT IN R.S.R.
220 pagini — 6,75 lei

18. *Gerbert, Fr.* şi *Caisin, V.*
INDRUMĂTOR PENTRU RIDICAREA CALIFICĂRII STRUNGARILOR
296 pagini — 6,75 lei

19. *Niţu, N.* ş.a.
INDRUMĂTOR PENTRU RIDICAREA CALIFICĂRII LĂCĂTUŞILOR DE INTREŢINERE
184 pagini — 5,25 lei

20. *Ureche, D.* şi *Buşilă, D.*
PILIREA ŞI AJUSTAREA
164 pagini — 4,75 lei

21. *Bălan, P.*
MĂRIREA DURABILITĂŢII MATRIŢELOR
162 pagini — 4,50 lei

22. *Badea, V.*
PRELUCRAREA DE PRECIZIE A FILETELOR
148 pagini — 5,25 lei

23. *Avădani, V.*
REZISTENŢA MATERIALELOR PENTRU MUNCITORI
192 pagini — 5,25 lei

24. *Zamfir, Gh.* şi *Csorik, I.*
PRESE CU EXCENTRIC
184 pagini — 5,75 lei

25. *Plăcintescu, Şt.* şi *Vrţeli, P.*
ASAMBLAREA MAŞINILOR
196 pagini — 6 lei

26. *Popescu, I.*
FOLOSIREA RAŢIONALĂ A TARODILOR ŞI FILIERELOR
152 pagini — 4,50 lei

27. *Gaiţă Z.* şi *Hîncu, V.*
REPARAREA ŞI INTREŢINEREA APARATELOR DE MĂSURĂT LUNGIMI ŞI UNGHIURI
204 pagini — 6 lei

28. * * *
ANGRENAJE PENTRU MUNCITORI
278 pagini — 12 lei

29. *Gheorghiu, C.* şi *Gheorghiu, D.*
ORGANE DE MAŞINI PENTRU MUNCITORI (vol. I şi II)
308 pagini — 12 lei

30. *Zarea, Şt.* şi *Panaitescu, V.*
MECANICA PENTRU MUNCITORI (vol. I şi II)
328 pagini — 12 lei

31. *Sturzu, A.* ş.a.
CONTROLUL FILETELOR
176 pagini — 6 lei

32. *Brăgaru, A.* ş.a.
CONTROLUL UNGHIURILOR ŞI CONICITĂŢILOR
112 pagini — 6 lei

33. *Iancu, A.*
INDRUMĂTORUL RECTIFICATORULUI DE PRECIZIE
(vol. I şi II) 330 pagini — 12 lei

34. *Zarea, Şt.*
MATEMATICA PENTRU MUNCITORI
Ed. a II-a (Vol. I şi II) 334 pagini — 12 lei

35. *Mazilu, A.*
DESEN TEHNIC INDUSTRIAL PENTRU MUNCITORI
Ed. a II-a 172 pagini — 6 lei

36. *Eliezer, S.*
SCULE CU PLĂCUŢE
Ed. a II-a 172 pagini — 6 lei

37. *Barbu, V.* ş.a.
INDRUMĂTOR PENTRU RIDICAREA CALIFICĂRII LĂCĂTUŞILOR
MECANICI DE INTREŢINERE ŞI REPARAŢII UNIVERSALE
(vol. I şi II) 374 pagini — 12 lei

38. *Munteanu, I.*
INDRUMĂTOR PENTRU RIDICAREA CALIFICĂRII
MUNCITORILOR PRESĂTORI DE METALE
LA RECE
152 pagini — 6 lei

39. *Weiss, G.* şi *Popescu, R.*
INDRUMĂTOR PENTRU RIDICAREA CALIFICĂRII CAZANGIILOR
ŞI LĂCĂTUŞILOR DE CONSTRUCŢII METALICE
(vol. I şi II) 336 pagini — 12 lei

40. *Romaniţă, M.* şi *Niculescu, I.*
INDRUMĂTOR PENTRU UNGEREA MAŞINILOR ŞI UTILAJELOR
132 pagini — 6 lei

41. *Avădani, V.*
REZISTENŢA MATERIALELOR PENTRU MUNCITORI
Ed. a II-a, 204 pagini — 6 lei

42. *Aelenei, M,* ş.a.
PROBLEME DE MAŞINI-UNELTE ŞI AŞCHIERE
.... pagini — 6 lei

Comanda nr. 89.

Bun de tipar 23.06.1972. Coli de tipar 16.
Tiraj 11.8000+140 ex. broşate C.Z. 621.91.
Comanda nr. 89.

Intreprinderea Poligrafică „Banat"
Timişoara, Calea Aradului nr. 1/A,

VOR APĂREA:

Moga, Al.

METODE ȘI MIJLOACE DE VERIFICARE ȘI MĂSURARE Ed. a II-a

Cosoroabă, V. ș.a.

ACȚIONĂRI PNEUMATICE

Enache, Șt.

TEHNOLOGIA ASCUȚIRII SCULELOR AȘCHIETOARE Ed. a II-a

Lei 6